Educación en Ciencia y Tecnología para la Sociedad del Conocimiento

José Luis Martínez Rosas
Sergio Jacinto Alejo López
Luis Gilberto Granados Lara

Educ@rnos
Ediciones

Educación en Ciencia y Tecnología para la Sociedad del Conocimiento

José Luis Martínez Rosas
Sergio Jacinto Alejo López
Luis Gilberto Granados Lara

Educ@rnos
Ediciones

Educación en Ciencia y Tecnología para la Sociedad del Conocimiento
José Luis Martínez Rosas, Sergio Jacinto Alejo López y Luis Gilberto Granados Lara

Se autoriza que el texto académico se difunda bajo la licencia Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (cc by-nc 4.0 Internacional), que permite a terceros copiar y redistribuir el contenido en cualquier formato, así como reutilizar la información con fines no comerciales, siempre que se reconozca la autoría de la información y se indiquen los datos de la publicación.

Derechos reservados:
© 2024 José Luis Martínez Rosas, Sergio Jacinto Alejo López y Luis Gilberto Granados Lara por la coordinación del libro.
© 2024 para cada uno de los autores por el capítulo correspondiente.
© 2024 para Ediciones Educ@rnos por la primera edición.

Página web: www.revistaeducarnos.com
Correo electrónico: revistaeducarnos@hotmail.com

ISBN 978-607-7999-41-6

Sumario Pág.

Prolegómenos 9
José Luis Martínez Rosas, Sergio Jacinto Alejo López y Luis Gilberto Granados Lara

Miguel Hidalgo, su figura en el horizonte de la sociedad del conocimiento y del sistema-mundo 21
José Luis Martínez Rosas

Educar en y para la sociedad del conocimiento 39
José Luis Martínez Rosas

La cuarta revolución industrial y sus desafíos para México 73
Sergio Jacinto Alejo-López

Enfoque STEM ¿para qué enseñar ciencias de otra manera? 85
Ignacio III Arana García, Daniela Patricia Martínez Hernández, Gabriela Vidal Ortiz y Carolina Hernández Mata

Formar en CTI gestionando y produciendo saberes 101
José Luis Martínez Rosas

Teoría de la educación en ciencias y procesos de enseñanza-aprendizaje 131
José Luis Martínez Rosas y María Elena Balcázar Villicaña

Observación de seres vivos y formación de ciencias en preescolar 147
Olga Susana Correa Vanegas

Robótica educativa en el nivel primaria 177
Luis Gilberto Granados Lara

Software de reconocimiento de voz para el aprendizaje de la lectura en primaria 197
María del Rocío Ofelia Ruiz

Cyber human, ¿dominio educativo de las máquinas sobre los humanos? 221
Juan Benito Rodríguez Araiza

Semblanza 225

Prolegómenos

José Luis Martínez Rosas, Sergio Jacinto Alejo López
y Luis Gilberto Granados Lara

Los contenidos de esta obra se dirigen principalmente a los sujetos educadores: los académicos de educación superior y los docentes que ejercen su actividad profesional en los niveles de educación básica y media que están interesados en educar en ciencia y tecnología.

También los inquietos estudiantes que se encuentran en proceso de formación inicial en el nivel de licenciatura en educación y que quieren formarse de mejor manera en los diversos temas relacionados con la educación en ciencia y tecnología para desempeñarse en un futuro como profesionales de la educación, encontrarán que este libro también es interesante para ampliar sus conocimientos y fortalecer su formación.

Adicionalmente, esta obra ofrece aportaciones que pueden ser de interés para los investigadores y para quienes impulsan cambios en las políticas educativas.

En el marco general de la educación en ciencia y tecnología, los autores realizan aportaciones específicas relacionadas con los siguientes temas: a) la comprensión crítica y contextualizada del desarrollo

tecnocientífico, b) el desarrollo del pensamiento científico trascendiendo la razón instrumental, c) la educación para el conocimiento de objetos científicos propios de los campos disciplinarios de las ciencias naturales y exactas y d) la formación básica de capacidades para el desarrollo y aplicación de la tecnología.

Las aportaciones que contiene esta obra tienen un hilo rector que pretende responder los siguientes cuestionamientos:

1. ¿Qué aspectos deben considerarse al educar en ciencias y en tecnología?
2. ¿Cuáles contenidos y métodos de aprendizaje-enseñanza debieran enfatizarse?
3. ¿Con que rasgos del contexto social, político y de desarrollo tecnocientífico debe vincularse la educación en ciencias y tecnología?

El presente texto se considera como un producto académico que concentra los saberes de los autores, pero estos surgen de la producción de conocimiento desarrollada en las condiciones institucionales de producción de conocimiento que caracterizan a escuelas normales y a las universidades públicas, considerando que las primeras son instituciones de educación superior especializadas en el tema educativo y cuya tradición se finca en la docencia como función educativa privilegiada, mientras que las segundas tienen un carácter multidisciplinario y atienden de forma equilibrada las funciones sustantivas tradicionales de docencia e investigación y además desarrollan la vinculación con el entorno y otras funciones.

Todas las aportaciones de los autores se realizan desde sus propios espacios educativos, principalmente los que ofrecen los programas de formación a nivel de licenciatura y de posgrado en educación, donde asumen las posiciones de educador y educando, al mismo tiempo que la posición de investigadores sobre el tema que nos ocupa.

Este libro reúne reflexiones, análisis críticos, aportaciones y sistematizaciones de experiencias sobre la educación en ciencias y sobre el empleo de la tecnología en esta tarea que se fundamentan

empíricamente en la experiencia y en los datos construidos por los autores, en su calidad de docentes de licenciatura y posgrado y en algunos casos, de alumnos o egresados; la gran mayoría vinculados al programa de Maestría en Investigación y Desarrollo de Innovaciones Educativas de la BCENOG. Este libro recoge sus experiencias y sus saberes construidos en código de teoría, siendo ambos una fuente viva por decirlo de algún modo.

Otra fuente de los saberes inscritos en esta obra son los estados del conocimiento generados por especialistas del Consejo Mexicano de Investigación Educativa de México (COMIE), la revisión de literatura y los estados del arte de las investigaciones propias que algunos autores han generado para sus tesis de posgrado, desde donde se desprenden algunos de los capítulos;

A través de la producción académica y con base en su práctica, los sujetos antes mencionados construyen saberes en torno a las categorías analíticas que se despliegan en cada capítulo, sobre las cuales erigen su discurso con un marcado énfasis propositivo para fortalecer la educación científico-tecnológica en el marco de la Sociedad del Conocimiento acorde a los planteamientos de la UNESCO (2005).

Los discursos específicos de cada autor se distancian de una racionalidad técnica e instrumental y se fincan sobre racionalidades prácticas y emancipadoras (Habermas, 1990), lo cual no siempre es fácil encontrar cuando se tratan estos temas. Tengamos presente que una racionalidad fundada en un interés práctico se enmarca y apela a una acción comunicativa entre actores, ya sea en los campos sociales, educativos o científicos; ampliando el margen de intersubjetividad. Mientras que una racionalidad emancipatoria problematiza, discute y trae al presente la carencia o falta de un bien susceptible de construir desde el presente y con miras al futuro; por lo que se sitúa desde su inicio en el marco de una dialéctica de la negatividad (Adorno, 1984).

Algunos autores son académicos de posgrado y de licenciatura en las siguientes instituciones de educación superior: Benemérita y Centenaria Escuela Normal Oficial de Guanajuato, Escuela Normal Oficial de Irapuato y Universidad de Guanajuato; otros autores son do-

centes y directivos de escuelas de los siguientes niveles: preescolar, primaria y secundaria en el estado de Guanajuato, México.

Cabe agradecer en forma póstuma a Juan Carlos Tedesco, argentino por nacimiento, latinoamericanista en su corazón y ciudadano del mundo por convicción; quien con base en ese gran compromiso social que le caracterizó a lo largo de su vida, aceptó con entusiasmo impartir la conferencia magistral de cierre del IX Congreso Nacional de Posgrados en Educación, realizado en la ciudad de Guanajuato capital en 2017, un mes antes de su deceso.

Durante el congreso, además de moderar su conferencia, uno de los coordinadores de esta obra tuvo el honor de dialogar intensamente con él acerca de la actualidad de su libro "Educar en la sociedad del conocimiento" publicado en 2000, además de profundizar sobre algunos aspectos de su conferencia y de recibir sus comentarios y sugerencias sobre el impulso a la formación y a los procesos educativos hacia y en la sociedad del conocimiento, desde los espacios de los posgrados en educación. En este punto Tedesco fue muy claro enfatizando los aspectos éticos y el compromiso social que debiera asumirse por parte de todos los actores educativos para asumir como propias las nuevas funciones de la educación superior: la crítica, la responsabilidad social y la lucha contra la desigualdad educativa y social.

El tema de su conferencia fue justamente la contribución de la sociedad del conocimiento al combate de la desigualdad, en el marco de lo que podríamos denominar la filosofía social y la sociología del conocimiento. En su intervención hizo una reflexión sobre esta nueva forma de capitalismo basado en el conocimiento y la tecnología, profundizando en la contribución que tiene y puede tener este nuevo proceso fincado en el uso intensivo del conocimiento en el desarrollo social, en la cohesión y en la división social y técnica del trabajo, así como en la factibilidad de la democratización del acceso al conocimiento, entre otros aspectos; pero además su negativa incidencia en la profundización de las desigualdades estructurales económicas y sociales y en las diferencias socioculturales, que suelen ser ideologías de la desigualdad, con las nuevas formas de exclusión que acarrea esta. Su contribución apuntaló la tesis de que una educación vinculada con

la sociedad del conocimiento debe contribuir a una mayor justicia social, contra la tendencia de que la exclusión del conocimiento profundice aún más las desigualdades sociales.

Efectivamente, como lo planteó Tedesco, debemos asumir que el desarrollo científico-técnico no es un fin en sí mismo, sino que debe subordinarse al desarrollo humano y social, como fines y valores de mayor trascendencia y que no se reduzcan todos estos elementos a la mera productividad y a la acumulación de capital.

En el contexto de una sociedad contemporánea y globalizada, y desde el horizonte de una filosofía social crítica y emancipadora que da sustento a un proyecto educativo comprometido con los grandes grupos sociales, es indispensable generar una educación en-para la sociedad del conocimiento, con un fuerte compromiso ético, político y social; una educación articulada a una comprensión y crítica de la realidad y a la construcción y apropiación del futuro, mediante proyectos como es el caso del proyecto educativo nacional. En este sentido, el presente libro contribuye a definir el proyecto de una educación en/para la sociedad del conocimiento con un enfoque social, crítico, sostenible y sustentable. Esta educación traduce en proyecto una visión utópica: la de un mejor país y una mejor sociedad mundial para todos.

Por otra parte, cabe puntualizar que nuestro conocimiento sobre los rasgos de la educación y sobre los temas de interés de los investigadores en este campo son insuficientes e incluso precarios. Los estados del conocimiento de las investigaciones educativas en México del 2002 al 2011, respecto a dos campos: a) la educación en ciencias y b) educación y ciencia: políticas y la producción de conocimiento, dan algunas luces sobre los temas de interés de los investigadores y también muestran algunos rasgos de la educación en los temas que nos ocupan.

De la revisión panorámica de estos estados del conocimiento sobresalen algunos elementos sintetizados a continuación.

Respecto a la investigación educativa en México sobre educación en ciencias en la década 2002-2010 (Ávila, Carrasco, Gómez, Guerra, López, Ramírez; 2013), es interesante tomar en cuenta que se encontraron 239 publicaciones (artículos en revistas, ponencias en congresos, capítulos y libros, tesis de maestría y doctorado), de las

cuales de acuerdo con sus referentes empíricos se encontraron 147 en educación básica, 31 en educación media superior y 61 en educación superior; en ellas la autoría principal recayó en 131 investigadores (39 varones y 62 mujeres).

De las investigaciones publicadas relativas a educación básica, 10 se realizaron sobre el nivel preescolar, 65 en primaria y 56 en secundaria. Lo anterior indica, por una parte que se realiza educación en ciencias en estos tres niveles y, por otra, que los investigadores se interesan por producir conocimiento respecto a estos hechos, aunque las cifras de documentos producidos son muy desiguales entre el nivel preescolar y los otros dos niveles.

Entre las conclusiones del estado del conocimiento que cabe resaltar, se encontró en el nivel de preescolar "que se han generado diseños didácticos fundamentados teóricamente para la enseñanza y el aprendizaje de temas específicos", a partir de las comunidades de aprendizaje y enfoques situados; y en correlación con la puesta en práctica de los mismos, existe evidencia de que los niños preescolares cuentan con capacidades de "cambio conceptual, para construir modelos precursores y explicaciones causales". Mientras que, en las investigaciones realizadas en los niveles de primaria y secundaria resalta "la importancia de la multimodalidad en el proceso que involucra la enseñanza y el aprendizaje" y la relevancia de investigaciones sobre las concepciones de los profesores (Ávila, Carrasco, Gómez, Guerra, López, Ramírez, 2013, p. 255).

De acuerdo con los mismos autores, en el nivel de educación media sobresalen las investigaciones sobre ideas previas, actitudes y creencias de estudiantes y profesores, diseños de estrategias de enseñanza y la integración de la historia y la filosofía de las ciencias en las concepciones de ambos actores. En el nivel de educación superior, resaltan las investigaciones sobre conocimientos previos y sobre la incorporación de modelizaciones, "representaciones múltiples" y estrategias de solución de problemas, desde perspectivas constructivistas. También existen estudios, aunque son escasos, sobre la formación profesional de profesores para la educación en ciencias y la de químicos, físicos, etcétera.

Los autores del estado del conocimiento mencionado señalan (p. 258) que entre los temas de investigación ausentes o escasamente abordados se encuentran los relativos al currículum, "las reformas curriculares, los libros de texto y de los programas de estudio específicos" o sobre "la diversidad de programas (primaria multigrado, educación indígena, así como la diversidad de propuestas en educación media superior, etcétera […] en comunidades rurales y en otros contextos que incluyen la diversidad étnica y lingüística de nuestro país".

Ávila, Carrasco, Gómez, Guerra, López y Ramírez (2013,) puntualizan que:

> Si bien los programas focalizados en educación en ciencias tuvieron su origen en el Reyno Unido a principios de los años noventa; no encontramos una razón de peso por la cual aún no se hayan abierto este tipo de programas en nuestro país (p. 259).

La contundente afirmación anterior obviamente señala la gran necesidad que existe en el proyecto educativo nacional de educar en ciencias y tecnología y, como estamos convencidos, de la urgente necesidad de educar en y para la sociedad del conocimiento con un enfoque social, sostenible y sustentable.

Por otra parte, al analizar el estado del conocimiento de la investigación educativa 2002-2011 sobre la relación entre educación y ciencia con énfasis en las políticas y la producción de conocimiento, encontramos algunos análisis y datos de un gran interés para el presente estudio.

Entre las conclusiones y de forma general, Treviño, Olivier y Alcántara (en Maldonado, 2013), encuentran que "la sociedad del conocimiento sigue funcionando como un gran significante con amplia capacidad de organización del campo político nacional e internacional de la ES; pero es primordialmente significativa en un sentido economicista y utilitarista" (p. 189).

El subsistema de educación superior tiene un papel fundamental en la producción de conocimiento en las diversas disciplinas. Respecto a las políticas dirigidas a este nivel el énfasis se en-

cuentra en la cobertura y la calidad de las IES. Además, Treviño, Olivier y Alcántara encuentran un muy visible impulso al crecimiento de las universidades tecnológicas y politécnicas, mediante un fuerte financiamiento, que contrasta con sus magros resultados en cuanto a aprovechamiento. Así mismo, se encuentra que la concepción más generalizada sobre la educación tecnológica contiene una reducción a aspectos técnico-prácticos, situación que al ser mirada críticamente, requiere, por una parte mayor impacto y por otra una formación crítica y reflexiva (en Ávila, Carrasco, Gómez, Guerra, López, Ramírez; 2013, p. 182).

Los sistemas de innovación (SI), a niveles macro, meso y micro; son también instancias de la mayor relevancia en la producción de conocimiento, aunque su labor educativa es solo uno de sus componentes.

La investigación educativa sobre SI del nivel macro aborda las tendencias internacionales desde la década de los 80 del pasado siglo que se manifiestan en cambios en los procesos productivos en el ámbito de la economía, los cuales se centran en el uso intensivo del conocimiento y los rendimientos obtenidos, desplazándose el interés en las *commodities*, al grado que "la rentabilidad directa de los sectores de alta tecnología alcanza el 50%", frente a un promedio del 5% en otros sectores de la economía".

Otros temas de investigación son los sistemas de protección de la propiedad intelectual y existe una gran atención hacia uno de los tipos de propiedad intelectual, como son las patentes. Algunos investigadores encuentran que "los sistemas de propiedad intelectual han inhibido la innovación y el crecimiento" en los países en desarrollo; por ejemplo, la titularidad del 88 al 97% de las patentes es de residentes en los países como EEUU, Japón o Europa (Lobato-Caballeros, en Maldonado, 2013, p. 355), lo cual contrasta con ese mismo indicador en países como México, Brasil, Argentina, Colombia o Chile.

Además se han realizado investigaciones sobre los sistemas de innovación a niveles meso y micro, principalmente en el contexto intranacional, en ciudades, regiones, estados, sectores y ramas de

la economía o tipos de industria; y sobre temas como los clústeres, la triple hélice y los modos de producción de conocimiento, donde se analiza la relación entre los sectores gubernamental, empresarial y educativo. Otro tema emergente que suscita un gran interés es el de la bibliometría y su relación con la ciencia y la educación (Cortés, en Maldonado, 2013).

Como puede apreciarse, existen notables avances y a la vez temas emergentes en los que la investigación se desarrolla aceleradamente hacia un nivel de consolidación. Las aproximaciones de la investigación educativa en todos estos ámbitos, provee de datos y análisis, al mismo tiempo que sugiere líneas de cambio en materia de la educación en ciencias, así como en las políticas de producción científica.

Al concluir este breve apartado, podemos afirmar que la educación en ciencia y tecnología inicia desde el nivel preescolar y culmina en educación superior, por lo que deben articularse las instituciones, programas de formación y currículos destinados a este tema; así mismo que estos deben contribuir a fortalecer la acción conjunta con los sectores gubernamental y económico y, en particular, abonar e interactuar con los sistemas de innovación, dándole prioridad al SI mexicano.

A continuación, se ensayan algunas de las proposiciones generales que ocupan y preocupan a los autores de los diferentes capítulos, puesto que nuestro propósito consiste en fortalecer la educación en CTI en el marco general de la sociedad del conocimiento.

Preocupados por educar en la ciencia y en la tecnología para impulsar el desarrollo nacional desde una perspectiva social vinculada al desarrollo sostenible y sustentable, este libro y los autores de cada capítulo nos aportan saberes, reflexiones y análisis, proposiciones de orden teórico y experiencias educativas desarrolladas por ellos mismos, en materia de educación en ciencias y tecnología.

Para coadyuvar con estos esfuerzos, los autores buscan contribuir con sus aportaciones para construir esa educación necesaria en-para la sociedad del conocimiento; donde la educación en

materia científico-tecnológica se va construyendo desde las bases mismas del sistema educativo, en los niveles de preescolar, primaria y secundaria.

Los autores, al desarrollar su práctica educativa profesional y al investigar e innovar en el campo de la educación científico-técnica y de innovación, antagonizan con la idea más generalizada de que este tipo de educación compete solamente: a) al nivel superior para desarrollar una formación profesional, b) al nivel vocacional para desarrollar una formación semiprofesional y c) al nivel de educación media superior para desarrollar una formación preparatoria o propedéutica.

Presentación del capitulado

Para impulsar la educación en materia de CTI en el marco de la SC, esta obra inicia con la recontextualización de la figura de Miguel Hidalgo, el padre de la patria, como figura paradigmática y precursora de algunos aspectos de la sociedad del conocimiento en México y con algunas proposiciones teóricas generales sobre la sociedad del conocimiento y como educar en y para ella, que son abordadas por José Luis Martínez Rosas.

En el capítulo subsiguiente, Sergio Jacinto Alejo sistematiza las características de las revoluciones industriales, principalmente de la cuarta, a fin de problematizar las nuevas condiciones de la producción económica en el sector primario y las implicaciones de estas en la educación.

En el siguiente capítulo, preocupados sobre los procesos de aprendizaje y enseñanza, Ignacio III Arana García, Gabriela Vidal Ortiz y Carolina Hernández Mata, abordan el enfoque STEM al cuestionarse ¿para qué enseñar ciencias de otra manera?, la perspectiva de género y otros aspectos relacionados con la educación en los campos disciplinarios de ciencias, tecnologías, ingeniería y matemáticas.

Posteriormente, en el capítulo consecuente Martínez Rosas enuncia las características de la gestión y producción de saber para vertebrar los procesos de formación en el contexto de la

SC; contribuyendo a la didáctica especial y a la formación que se requiere en la educación científico-técnica.

En el mismo sentido, en el capítulo siguiente, el autor antes mencionado y María Elena Balcázar Villicaña, abonan al campo de la didáctica, en tanto teoría de la enseñanza, visualizando el entramado categorial indispensable en una teoría de la educación en ciencias y en los procesos de enseñanza-aprendizaje; recuperando y articulando las categorías más conocidas en este ámbito.

Olga Susana Correa Vanegas sistematiza su práctica educativa, en el capítulo siguiente, focalizando su experiencia sobre la observación de seres vivos y la formación de ciencias por niños en edad preescolar.

La robótica educativa en el nivel primaria se aborda en otro capítulo por Luis Gilberto Granados Lara, vinculándola con la educación STEM y teniendo como referente las prácticas realizadas en numerosas escuelas del nivel básico y medio sobre esta disciplina en el estado de Guanajuato.

Posteriormente, en el penúltimo capítulo, María del Rocío Ofelia Ruiz describe su experiencia en la práctica educativa al diseñar y aplicar un Software de reconocimiento de voz para el aprendizaje de la lectura en varios grupos de estudiantes de primaria.

Por último, Juan Benito Rodríguez Araiza, discurre sobre la relación y la prevalencia entre lo humano y los productos tecnológicos más avanzados, en el capítulo final denominado: Cyber human, el dominio educativo de las máquinas sobre los humanos.

Referencias

Adorno, Theodor W. (1984). *Dialéctica negativa.* Taurus.

Ávila, Carrasco, Gómez, Guerra, López, Ramírez (coords.). (2013). *Una década de investigación educativa en conocimientos disciplinares en México. Matemáticas, ciencias naturales, lenguaje y lenguas extranjeras 2002-2011*. ANUIES/COMIE.

Habermas, Jürgen. (1990). *Conocimiento e interés*. Taurus.

Maldonado, Alma (coord.). (2013). *Educación y ciencia: políticas y producción de conocimiento 2002-2011*. ANUIES / COMIE.

Tedesco, Juan Carlos. (2000). *Educar en la sociedad del conocimiento.* Fondo de Cultura Económica.

UNESCO. (2005). *Hacia las sociedades del conocimiento. Informe mundial de la UNESCO*. UNESCO. Disponible en: http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001528/152894S.pdf

Hidalgo, su figura en el horizonte de la sociedad del conocimiento y del sistema-mundo

José Luis Martínez Rosas

Introducción

Este ensayo contribuye a explorar las raíces nacionales de la sociedad del conocimiento en México. Se ha elegido la figura del padre de la patria: el cura Miguel Hidalgo y Costilla, aunque seguramente existe más personajes en la época prehispánica y durante el Virreinato que generaron invenciones, descubrimientos y aplicaciones del conocimiento y que contribuyeron, sin proponérselo, a la construcción de la sociedad nacional de inicios del siglo XXI.

Específicamente la tarea consiste en reinterpretar algunas actividades del Cura Hidalgo a la luz de dos aspectos importantísimos de la sociedad del conocimiento (SC): por una parte su dimensión jurídica manifiesta en la propiedad intelectual y por otra la transferencia de conocimiento que forma parte de sus procesos de vinculación y de reproducción ampliada. En ese sentido exploramos la actividad económica y educativa del Cura Hidalgo frente a las normas y procedimientos del virreinato en la Nueva España para que los criollos pudieran generar cultivos e industrias, por lo que ponemos énfasis en la trasferencia de conocimientos y tecnología desarrollados por el futuro libertador, así como en la propiedad intelectual de la época del virreinal.

El ejercicio de reinterpretación puede aportar elementos históricos, a modo de raíces, que proporcionen mayor fortaleza y riqueza al proyecto de nación, de cara a la sociedad del conocimiento y al sistema-mundo en el siglo XXI; por lo que puede generar implicaciones para el proyecto de desarrollo nacional en materia cultural, educativa, económica y social.

El marco analítico incorpora dos aportaciones conceptuales: la teoría del análisis del sistema mundial desarrollada por Immanuel Wallerstein (2005) y la categoría de Sociedad del Conocimiento (UNESCO, 2005); mientras que el enfoque metodológico se basa en la arqueolo-

gía y el análisis del discurso desde la perspectiva de Michel Foucault (2002 y 2005).

Desde estas últimas perspectivas, los hechos, personajes y procesos de la historia social, cultural o educativa se reinterpretan y se recontextualizan a la luz de realidades presentes que conforman el estado de cosas y los procesos emergentes que contienen una gran potencialidad de desarrollo al futuro.

Lo anterior se aplica a la figura del libertador Miguel Hidalgo, quien es uno de los patriotas fundacionales de la nación mexicana, al revalorar su contribución en la época contemporánea ante la emergente sociedad mundial del conocimiento y, específicamente, al dimensionar sus acciones en materia de propiedad intelectual y de transferencia de conocimientos y tecnología, que hoy son dos aspectos cruciales de la sociedad del conocimiento.

Esta reinterpretación y revaloración tiene implicaciones en algunos contenidos y procesos sociales:

a) En el espacio simbólico-cultural nacional, cuyas fronteras son más extensas que las del territorio geográfico ocupado por el Estado-nación, puesto que permite reflexionar sobre la matriz cultural de la mexicanidad.
b) En los procesos educativos en sentido más estricto, es decir en materia curricular y didáctica, como ejes del proyecto educativo nacional y como componentes de las prácticas educativas.
c) En los aspectos económicos, particularmente en materia de propiedad intelectual y del uso y aplicación del conocimiento en distintos sectores y ramas de la economía; a fin de comprender el marco regulatorio del régimen de propiedad intelectual y las formas de impulsar la economía de uso intensivo del conocimiento en México.

Es conveniente aclarar que entre economía, cultura y educación existe una intersección, unas veces complementaria y otras divergente. La cultura o semiosis social tiene entre otras funciones enculturar o lo que es lo mismo, educar implícitamente y de un modo general,

desde el nacimiento y aún desde antes y hasta la muerte por medio del ritual funerario. Mientras que, en el campo educativo, sus procesos educativos son restringidos, intencionados, sistemáticos, planificados y evaluados; sintetizando y concretando en el día a día, el proyecto cultural de la sociedad y del Estado. Ambos procesos: los culturales y los educativos, inciden directa e indirectamente en el resto de los procesos sociales y económicos. Por lo anterior, podemos decir que la interpretación de la figura de Miguel Hidalgo tiene implicaciones en los procesos de interacción y civilidad política, y como se sugiere en las presentes notas, también puede tener efectos sobre los campos científico-tecnológico y económico.

El proyecto de la nación-Estado mexicano, aunque está delineado en la carta magna constitucional, es un proyecto inserto en la realidad mundial del siglo XXI, y en este contexto, le viene bien a la sociedad mexicana y a sus sujetos-actores en la educación, en la cultura, en la economía y en el sistema científico-tecnológico, revisar sus narrativas y reinterpretar su raíz cultural, revitalizando sus matrices simbólico-culturales, a fin de proyectar esta fortaleza en el México del presente siglo XXI y del futuro.

El desarrollo de la sociedad nacional en calidad de sociedad del conocimiento implica construir una nueva narrativa de la historia cultural, científica y educativa con sólidas raíces en nuestro pasado, para trascender la posición de México en la semiperiferia del sistema-mundo. En este esfuerzo, los héroes que nos dieron patria siguen teniendo un lugar privilegiado.

Con relación a tales pretensiones, en estas notas se procede en primera instancia a la manera del método arqueológico empleado magistralmente por Foucault, con la pretensión de aportar elementos para generar una hermenéutica instauradora de discursos (Foucault, 2002 y 2005), partícipes de una filosofía social y del conocimiento.

Partimos de algunos -realmente muy pocos- libros publicados por historiadores sobre la egregia figura de Don Miguel Hidalgo, Cura de Dolores, cuyas obras conforman las fuentes documentales del corpus textual de esta investigación: Jinesta (1951), Lara Valdez (2003), Ochoa de Castro (2003). Sobre este cúmulo de documentos primarios se realiza la búsqueda de datos relativos a las dos categorías que ac-

tualmente forman parte del discurso sobre la sociedad del conocimiento: a) la trasferencia de conocimientos y tecnología y b) la propiedad intelectual. De la correlación y coincidencias encontradas se identifican las acciones prácticas y las concepciones del Cura Hidalgo, relativas a las dos categorías claves y que constituyen hechos históricos. Esta fase del trabajo analítico se inspira en la arqueología desarrollada por Foucault (2005) con relación a las formaciones discursivas, el saber, la ciencia y el surgimiento de campos disciplinarios.

Posteriormente se vinculan tales hechos históricos con el proyecto de desarrollo nacional y con la sociedad del conocimiento en el marco del sistema-mundo.

La hermenéutica instauradora se realiza en términos de la proposición de una narrativa histórica para enriquecer el proyecto de desarrollo nacional en diversos campos como la educación, la ciencia, tecnología e innovación, la economía y la cultura, entre otros; siguiendo algunas líneas establecidas en "El orden del discurso" (Foucault, 2002).

Miguel Hidalgo como precursor de la transferencia del conocimiento

En un afán arqueológico por descubrir las raíces nacionales de una cultura del conocimiento, nos podemos remontar hasta la figura de Miguel Hidalgo. Diversos estudiosos suelen centrarse en su papel de caudillo del ejército insurgente, rector, cura, difusor de algunas ideas de la ilustración e incluso de organizador de tertulias y director teatral de su obra favorita: "el Tartufo" de Moliere; sin embargo, se han soslayado otras actividades.

Hoy sabemos que el cura Miguel Hidalgo, fue un agente económico, ya que generó talleres e impulsó cultivos innovadores en la región de San Felipe en Guanajuato (centro de México) y en las haciendas de su propia familia, como la morera para explotar el gusano de seda o la vid para producir vinos.

Además, sabemos que Miguel Hidalgo, también fue educador, en una primera etapa como profesor suplente y luego desde la Rectoría de la Universidad Michoacana de San Nicolás en la actual ciudad de Morelia, y más tarde como párroco en diversos lugares del obispado

de Michoacán y, finalmente, como instructor de labranza y de diversos oficios en el curato de Dolores.

En la fase previa a la insurgencia y a la guerra de independencia en México, que es también la última etapa de la vida Miguel Hidalgo, el futuro héroe de la independencia emerge como precursor de la transferencia de conocimiento y de la lucha tesonera contra la propiedad intelectual de la época, es decir, frente a las leyes y normas que limitaban o prohibían participar a los criollos y castas de la Nueva España en las producciones agropecuarias más redituables en aquella época.

A la faceta de educador se suma la de Hidalgo como productor agropecuario emprendedor y, al mismo tiempo, educador. Al respecto, Jinesta (1951, pp. 56-57) afirma del héroe de la independencia que:

> (…) deseoso de que sus feligreses como milicia de la existencia, se procurasen el sustento en forma independiente, estudió las industrias más halagadoras, y al cabo, conocedor de la técnica de las mismas, estableció talleres de tenería y talabartería: las pieles se aderezaban con habilidad, y correajes y cinturones haciánse con destreza. Por imperio de la voluntad logró construir loza de precio, competidora tal vez con la porcelana en finura, avanzando a fuerza de experiencia. La flamante industria echó en Dolores el grito de su nacimiento. Y casado con la constancia, D. Miguel domicilió el gusano de seda: abrumó de moreras la hacienda de La Erre, atendió plantaciones de lino, y cavó norias para proveerse de agua de riego. En obraje de paños consiguió tejer seda de bonísima calidad; lo mismo tela de lana. Para producción de cera acondicionó la empolladura de abejas; para fabricación de vino cultivó viñedos…

Respecto a lo anterior, Lara Valdez (2003, p. 39) nos informa respecto al cura Miguel Hidalgo que:

> Conocida es también la actividad que desarrolló enseñando y organizando a quienes estaban en disposición de ello, para fabricar cerámica, todavía hoy distinguida como loza corriente, la

de la vida cotidiana; la forja y la carpintería para instrumentos de labranza y pastoreo; el cultivo de la morera para la crianza del gusano de seda; el cultivo de la vid para la preparación de los vinos y el aprovechamiento de las uvas.

Estas actividades sin duda conforman un proceso de transferencia de conocimientos y de tecnología propia de la época, con el propósito de generar riqueza y bienestar en la depauperada región.

En el día y en el curato de su parroquia era profesor de trabajo, ya que Miguel Hidalgo daba clases a los obreros sobre estas tareas. En las horas de la tarde y la noche proporcionaba explicaciones orales para demostrar el aprovechamiento real de tales industrias.

De lo anterior se desprende que al Miguel Hidalgo que transfiere tecnología le es consubstancial el Hidalgo educador que enseña directamente y disemina los conocimientos, tanto de la ilustración francesa con la élite de su parroquia y la región, como los necesarios para explotar las nuevas tecnologías implantadas en las haciendas de su propia familia y entre los feligreses de su parroquia.

Hidalgo ante el régimen de propiedad intelectual colonial

Otra historiadora, además de abundar respecto a estas facetas del cura de Dolores, documenta como él y sus hermanos hicieron frente a las condiciones jurídicas de la propiedad intelectual, que eran establecidas por la corona española y la administración virreinal:

> El grande y a la vez humilde Cura Don Miguel Hidalgo y Costilla, pasó al pueblo de Dolores el año de 1803, por permuta que hizo con su hermano el Señor Cura Don Joaquín, en donde se consagró al bien de sus feligreses; y siempre progresista y emprendedor, se dedicó a trabajar como por vía de ensayo en la alfarería, llegando a fabricar loza de superior clase: a la vez se dedicaba a la cría de las abejas y del gusano de seda, llegando a beneficiar ésta al grado de hacer finas telas, de las que se dice se hizo él una sotana y un vestido una de sus hermanas; también se dedicó

> al cultivo de la uva y elaboración de vino, y habiéndose familiarizado con estas industrias, quiso platearlas en gran escala, pero habiéndole negado su protección el gobierno virreinal, recurrió al Rey de España en demanda de algunos privilegios; que aun cuando le fueron concedidos por las buenas relaciones de su hermano el Sr. Licenciado Don Manuel Hidalgo, que era oidor de la Real Audiencia de México, nunca fue despachada favorablemente su solicitud, pues el virrey jamás le dio curso, valiéndose de mil pretextos que ocasionaban muchos disgustos al señor Cura y a su hermano, llegando a exacerbarse éstos de tal manera, que según la tradición que conservan sus descendientes, el señor Licenciado perdió la razón a causa de ellos, muriendo loco en México el año de 1809 (Ochoa de Castro, 2003, pp. 24-25).

Con base en estos datos e información podemos afirmar que Miguel Hidalgo primero busca realizar sus actividades y emprendimientos económicos bajo el amparo del régimen legal de la época, ya que él y su hermano buscan inicialmente que la explotación de los nuevos cultivos que él y su familia emprenden, para realizarlos dentro de la legalidad. Sin embargo, al negársele la autorización para desarrollar estas empresas en el marco jurídico existente, en un momento posterior, lo hace extralegalmente, enfrentando el régimen jurídico virreinal, que resguardaba la propiedad intelectual y con ella la exclusividad de generar y explotar las empresas más redituables para los peninsulares, negándosela a los criollos y castas.

Lo anterior no deja duda de que Miguel Hidalgo y su impulso a la transferencia de tecnología y a la difusión del conocimiento innovador, se realizaron al margen y en contra de la legislación relativa a la propiedad intelectual del virreinato, con sus obvios riesgos, en esta última etapa de su vida como párroco.

México hacia la sociedad del conocimiento

Un poco de historia se hace necesaria, ya que desde la conquista de Tenochtitlan, la Nueva España se colocó durante 300 años en la órbita de España, una de las grandes potencias de la época, luego de la

guerra de independencia en México y en la gran mayoría de la actual Latinoamérica, el México independiente en los dos siglos posteriores mantuvo su posición en la semiperiferia del sistema-mundo, pero ahora como Estado-nación soberano.

Estas gestas libertarias parecen haberse olvidado por algunos, realmente pocos, actores políticos mexicanos contemporáneos, quienes inspirados en el franquismo buscan que México se incorpore a una iberoesfera, cuyo centro sería el Estado español, con su régimen monárquico constitucional; desde esta perspectiva pretenden reactualizar la antigua posición subordinada de la Nueva España ante la corona española.

En la época virreinal y luego en la nación independiente, nuestra sociedad primero fincó su desarrollo en el sector primario de la economía siendo una sociedad predominantemente rural. La industrialización, si bien tiene antecedentes con los obrajes y talleres artesanales del virreinato, se impulsó propiamente hasta la segunda parte del siglo XX cuando llegó a constituirse en una política de Estado con gran impulso durante los años posteriores a la segunda guerra mundial, con lo que México pasa a ser desde los años sesenta una sociedad más urbana que rural.

Sin embargo, el desarrollo económico industrial y la transformación social de lo rural a lo urbano, como procesos esencialmente endógenos, no fueron suficientes para mejorar la posición del país en la estructura y el tejido orgánico del sistema-mundo; si bien dejó de ser colonia de la corona española, paso a tomar una posición subordinada y en muchos aspectos dependiente de los Estados Unidos de (norte)américa.

La cultura nacional, ha tenido un predominio campesino e indígena en tanto su población y procesos fueron propios de la sociedad rural o tradicional, posteriormente esos rasgos culturales han dado paso a una cultura urbana, mestiza y de clase media, aunque se mantienen algunos elementos, como es el caso del folklore y la religiosidad popular, que surgieron desde la época de la Nueva España.

En la segunda mitad del siglo XX y con la integración de México en la globalización, su cultura nacional toma elementos más cosmopolitas, aunque la cultura del conocimiento que implica la popularización de la ciencia y la tecnología es apenas embrionaria.

Reinterpretar la historia cultural, la economía y la educación nacionales desde el enfoque de la sociedad del conocimiento permite generar una nueva narrativa articulada a un proyecto de desarrollo nacional con mayor viabilidad en el entorno global del sistema-mundo.

En este sentido, es muy factible que, al asumirse la sociedad nacional mexicana como sociedad del conocimiento, pueda reposicionarse en el conjunto del sistema-mundo.

La sociedad del conocimiento

Desde la segunda mitad del siglo XX se ha desarrollado en el seno del sistema-mundo la sociedad del conocimiento con un carácter multidimensional y gloncal (global, nacional y local); esta sociedad y el sistema-mundo en su conjunto, funcionan y se estructuran de manera desigual en centro, semiperiferia y periferia.

La SC es una entidad multidimensional, pues integra la Sociedad de la Información y su red informacional, la economía del conocimiento con los diversos agrupamientos de empresas de uso intensivo del conocimiento (conglomerados, parques de innovación, clusters tecnológicos, etc.); integra también el entramado jurídico de la propiedad intelectual, las tecnociencias, un entorno cultural específico constituido por bienes simbólicos y artefactos tecnológicos, los sistemas nacionales de ciencia-tecnología-innovación (SCTI), entre otros componentes y dimensiones.

La revolución digital y la sociedad de la información se pueden considerar como los antecedentes directos de la SC; actualmente se pueden identificar como sus elementos infraestructurales, es decir, como una dimensión de esta, al hardware, al software, las redes de fibra óptica, a los diversos artefactos y dispositivos digitales (entre ellos los satélites) y al espacio radioeléctrico.

La economía del conocimiento expresa el desplazamiento del desarrollo económico capitalista de una sociedad y del propio sistema-mundo, cuyo desarrollo inicial se ubica en el sector primario, pasando al secundario, hasta el sector terciario de la economía.

Diversos estudios cuya unidad de análisis y comparación es la economía nacional, como el caso de los tigres asiáticos, indican que el

valor del conocimiento se estima en dos tercios del valor total de la economía, siendo el tercio restante el que suman el capital físico y el capital financiero (Griffin, Rahman & Ickowitz, 2001; Rodríguez Solera, 2004).

En virtud de lo anterior, resulta conveniente recentrar en el capital intelectual los diagnósticos, la planeación y el propio desarrollo del subsistema económico de una nación, de una región o de una empresa u organización; dada la primacía del conocimiento como componente esencial de la economía. Lo anterior implica incluir junto al capital intelectual, la creatividad y capacidad de innovación en ramas específicas en las que existe una cierta ventaja competitiva, la potencial diseminación, transferencia y performatividad de la innovaciones, entre otros aspectos.

Las diversas sociedades nacionales del conocimiento ocupan una posición particular dentro de la sociedad mundial del conocimiento, ya sea en el centro, la semiperiferia o la periferia, y contienen sus mismos componentes y dimensiones, pero en escala nacional.

Puede considerarse que un eje fundamental del desarrollo de una sociedad del conocimiento se encuentra en el propio sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación (SNCTI). Este sistema puede ser analizado de diversas maneras:

a) Bajo el paradigma: insumo-proceso-producto, mediante la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT),
b) Por sus vínculos con otras dimensiones y componentes del entorno social,
c) Igualmente puede ser analizado desde el modelo de triple hélice: sistema productivo + sistema de educación superior, ciencia y tecnología + sistema gubernamental;
d) Además puede desarrollarse una nueva conceptualización de mayor complejidad y potencialidad analítica.

RICYT es un modelo relevante que fue desarrollado por Albornoz (1994) y un equipo de colaboradores, opera desde 1995 e incluye distintos componentes: a) indicadores de contexto como la PEA y el PIB; b) insumos: recursos económicos destinados a la ciencia y

la tecnología, recursos humanos en ciencia y tecnología y educación superior; c) productos: las patentes, las publicaciones registradas en diversos nodos y otros indicadores de innovación y demás.

Por otra parte, son igualmente valiosas las investigaciones en el campo de la Circulación Internacional del Conocimiento que desarrollan la bibliometría por países, disciplinas, coautorías, índices de citación y otros componentes.

A estas aportaciones se suman los estudios sobre la gestión del conocimiento con diversos modelos de medición del capital intelectual que incluyen al capital relacional, estructural y humano; y los estudios sobre los Modos I, II y III de Producción de Conocimiento. Desde tales aportaciones se identifican algunos procesos propios de la SC: producción, gestión, aplicación, transferencia, diseminación y formación en y para producir conocimiento que pueden ser aplicables a naciones, regiones y al propio sistema-mundo; igualmente diversos procesos inherentes a la gestión del conocimiento en la escala de empresas y organizaciones en lo individual o en sus conglomerados y variantes de vinculación (clusters, parques tecnológicos, etcétera); además los diversos tipos de conocimiento participantes en la gestión del conocimiento: tácito, explícito y sus procesos de interiorización, exteriorización, socialización y combinación.

La incidencia de la economía del conocimiento sobre la cultura genera la inclusión de nuevos componentes en ésta última y posibilita su recreación y reinterpretación: *Silicon Walley* puede ser considerado como un paradigma-raíz de la economía del conocimiento en el centro del sistema-mundo y distintos personajes como sus íconos más estelares, entre ellos: Steve Jobs y Bill Gates). De una manera equivalente, puede preverse la generación de una narrativa particular en países centrales del sistema-mundo o en los países de la semiperiferia o periferia; esta puede ser una posibilidad derivada de la reinterpretación de la figura del Cura Hidalgo y de otros personajes históricos.

La propiedad intelectual sintetiza el andamiaje jurídico de la sociedad del conocimiento, generalmente puede derivarse en el derecho moral y en el derecho económico sobre el producto intelectual, que se desagrega en dos ramas: derecho autoral y de la propiedad industrial.

Adicionalmente, la propiedad intelectual suele ser un capítulo específico de los tratados comerciales y puede abarcar no solo los requisitos para registro de patentes y marcas y sus beneficios o condiciones de explotación de los derechos adquiridos, sino además incide en el tránsito del capital intelectual, como puede ser la migración y la circulación de profesionales entre los países signatarios, afectando el visado y los requerimientos para el ejercicio profesional en los países receptores, las cédulas profesionales, la equivalencia de los estudios y otros aspectos.

Todo lo anterior señala la complejidad creciente de la sociedad del conocimiento y su gran potencialidad para el desarrollo económico, social y humano; razones suficientes para pensar la mutua implicación entre esta sociedad y la educación en general, así como la integración de una educación específica como componente de tal sociedad.

El sistema-mundo

Diversos hechos históricos en el desarrollo civilizatorio sirven como puntos de inflexión o quiebre de los antiguos sistemas, ya sean economías-mundo o imperios-mundo en los términos de Wallerstein (2005), y del surgimiento del actual sistema-mundo, como son: el fin del feudalismo hacia el año 1250, la caída del imperio bizantino en 1453 o el descubrimiento de América en 1492.

Los hechos anteriores expresan el surgimiento de la modernidad y del desarrollo de la fase mercantil del capitalismo (Brom, 1984), que podemos considerar como antecedente de las actuales dimensiones geocultural y geoeconómica del sistema-mundo.

Actualmente existe un solo sistema-mundo, cuya génesis se remonta al surgimiento del capitalismo y la modernidad, como expresiones particulares de las dimensiones cultural y económica, que ahora se subsumen como dos de los componentes del sistema-mundo. La existencia de este sistema como el único proyecto civilizatorio, puede ubicarse a partir del siglo XIX, al incorporar elementos sobrevivientes de otros proyectos, como lo han sido las sociedades amerindias originarias, el imperio-mundo chino, el mundo arábigo-musulmán o las

tribus africanas. De esta manera, al ser único, es un sistema que es "un mundo en sí mismo" y es "el" sistema del mundo, como señala Wallerstein.

Estas circunstancias indican la necesidad de construir teorías suficientemente potentes que permitan su explicación y comprensión como totalidad concreta, así como cada uno de sus aspectos y componentes constitutivos. El despliegue del sistema-mundo como único proyecto civilizatorio y su autoconstrucción interna hace necesario e igualmente factible que se constituya progresivamente en la principal unidad de análisis de las ciencias sociales. En ese orden de ideas resulta muy relevante toda aportación teórica susceptible de producir conocimientos sobre el presente y futuro del sistema-mundo.

La teoría analítica del sistema-mundo es hasta ahora una de esas configuraciones teóricas necesarias para hacer inteligible esta realidad emergente, identificando su constitución a partir de la articulación de tres componentes: económico, político y cultural. Sin embargo, es factible incluir otros más, desde un horizonte histórico de largo plazo. Al respecto Wallerstein (1979: 9, citado por Martínez Martín, 2011), manifiesta que:

> La perspectiva usada en el estudio de los sistemas-mundo es intrínsecamente histórica y posee tres ejes articuladores principales, en primer término, un sistema económico integrado a nivel mundial de naturaleza polarizadora con una lógica de cadenas de mercancías que poseen una forma centrípeta. En segundo término un sistema político basado en estados soberanos independientes jurídicamente pero vinculados a través de un sistema interestatal donde las diferencias se hacen patentes. Y por último, un sistema cultural que es capaz de dar coherencia y legitimidad -conocido como geocultura.

Adicionalmente a los planteamientos de Wallerstein, podemos establecer que el sistema-mundo, único en el presente, es una realidad en la que destacan varios aspectos fundamentales: su carácter

multidimensional, su estructuración gloncal (global, nacional y local) y la desigualdad de su desarrollo y funcionamiento.

Su carácter multidimensional se debe a qué sintetiza y articula las expresiones económica, cultural y política del proyecto civilizatorio existente: el capitalismo, la modernidad y el Estado "moderno y burgués", y a que integra progresivamente otras dimensiones como la seguridad, la educación, la ciencia y la tecnología globales.

Su condición gloncal se refiere a que existe en el plano global o mundial y a la vez en lo nacional y lo local, permitiéndole unidad con diversidad a lo largo del planeta; es decir, simultáneamente logra ser uno en los aspectos globales generales y múltiple al integrar la gran diversidad de particularidades locales y las mediaciones entre estos dos polos.

La desigualdad de su desarrollo y funcionamiento es una de las bases organizativas del sistema-mundo debida a la diferenciación entre centro, semi-periferia y periferia, que le es consubstancial. Esta estructura y organización funcional entre países expresa la desigualdad económica y social mundial y se establece a partir del intercambio desigual principalmente en la circulación mundial de bienes y servicios, por ejemplo, entre la exportación de materias primas (*comodities*) y la importación de bienes manufacturados por parte de los países de la semiperiferia y la periferia; de igual manera en la circulación del capital financiero y del "capital intelectual". Dicha desigualdad también es una expresión de la "especialización" de los países como industrializados o no, así como del desarrollo combinado que requiere tal sistema.

El centro del sistema no es una sola entidad homogénea, lo ocupan varias sociedades que desarrollan sus propios proyectos, es el caso de Estados Unidos, Japón y la Unión Europea, de hecho se trata de varios centros del sistema-mundo que en el plano cultural producen un estilo de modernidad propia (Arispe, 1977 y 2002) y un subsistema económico típico, así por ejemplo el complejo académico-militar-industrial en los Estados Unidos (Didriksson, 2000).

La semiperiferia del sistema-mundo también es muy desigual y diversificada; está constituida por "potencias" regionales como el

caso de Israel o Egipto en el oriente medio, países con un acelerado desarrollo entre los que pueden situarse los del grupo llamado BRICS: Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica; y países emergentes como el caso de México, los tigres asiáticos, entre otros.

La periferia del sistema se constituye por países que aisladamente y por sí mismos tienen un carácter prácticamente testimonial, razón por la cual su existencia individual no incide, ni afecta al desarrollo del sistema; pero en su conjunto, unidos y con cierto grado de articulación como periferia son indispensables para la existencia y desarrollo del sistema-mundo.

Evidentemente las fronteras entre estos tres circuitos bosquejados en forma muy general, no es fija, ni exacta; ya que algunos países en algunos aspectos pueden tener un papel en el centro del sistema-mundo, por ejemplo la Federación Rusas en materia de geopolítica o China en materia de geoeconomía; mientras que en otro aspecto esos mismos países pueden situarse en la semiperiferia; y lo mismo puede ocurrir con países que en forma general se pueden ubicar en la periferia, pero que en algunos aspectos participan del circuito de la semiperiferia.

Conclusiones

Miguel Hidalgo es un ícono mexicano, propio de una sociedad nacional en la semiperiferia del sistema-mundo, y como tal refleja lo que cualquier precursor de la sociedad del conocimiento o cualquier innovador en un país de la semiperiferia puede enfrentar al gestionar el conocimiento y la tecnología innovadoras que potencien el desarrollo regional o nacional. En este sentido, la contribución histórica del cura Hidalgo a la educación y a la transferencia del conocimiento en las condiciones jurídicas coloniales sobre la propiedad intelectual, deben reinterpretarse, al mismo tiempo que visualizamos sus implicaciones educativas, culturales, económicas y sociales en el contexto de la sociedad del conocimiento y del sistema-mundo.

Si bien encontramos en el Padre de la Patria mexicana no solo al iniciador de la independencia nacional, sino al precursor de la sociedad

del conocimiento, hoy su figura no puede soslayarse, sino incluirse en la forja de un México en tránsito desde una economía basada en el sector secundario, hacia una economía del conocimiento que se constituya en la base material de una sociedad nacional del conocimiento. Al recuperar y reinterpretar su figura y sus prácticas, se recupera también lo que el Cura Hidalgo quería para sus contemporáneos: mejor educación y capacidad técnica, mayor equidad y justicia social con mejoras en la distribución de la riqueza y prosperidad para la sociedad en general.

Si México como nación-Estado o Estado-nación se compromete a forjar su propio futuro e incluso a participar en el sistema-mundo como Estado posnacional, al participar en múltiples tratados con otros Estados-nación; es indispensable y urgente su autoconstrucción como sociedad nacional de conocimiento, en donde se engarzan su historia, presente y futuro como proyecto de nación.

En esa perspectiva, además de estas raíces culturales en este gran proceso constituyente, tienen una enorme relevancia las empresas de uso intensivo del conocimiento y dos sistemas nacionales: el de ciencia, tecnología e innovación (SNCTI) y el de educación (SNE).

Sin embargo, considerando a la sociedad nacional como unidad de análisis, su constitución como sociedad del conocimiento requiere tanto de esta fundamentación, como del desarrollo integral de otras dimensiones que apuntalen el desarrollo humano en su conjunto; entre ellas la cultura científica y la democratización y ciudadanización del conocimiento, donde la escuela y sus procesos educativos tienen una extraordinaria importancia.

Puede afirmarse que, en este tránsito hacia una sociedad nacional del conocimiento, México y su proyecto de desarrollo se debaten entre la nación-Estado y el Estado-posnacional propio del sistema-mundo.

El papel y capacidad de sus élites y estamentos dirigentes está en cuestión como se dijera antaño, puesto que son interpelados por procesos emergentes y por discursos y tendencias macroestructurales, así como por las circunstancias históricas, que les exigen un papel de estadistas con altura de miras y perspectivas de futuro en el corto, mediano y largo plazos.

Referencias

Albornoz, Mario. (1994). Indicadores en Ciencia y Tecnología, en *REDES - Revista de Estudios Sociales de la Ciencia*, núm. 1, volumen 1, septiembre.

Arispe, Lourdes. (1977). *Dimensiones culturales del cambio global.* CRIM/UNAM.

– (2002). Una visión de la cultura en México, hoy. En. *Producción de conocimiento, arte y educación. Cuadernos para el diálogo/03*. Secretaría de estudios, programa y reforma del Estado PRD.

Brom, Juan. (1984). *Esbozo de historia universal.* Grijalbo.

Didriksson, Axel. (2000). *La universidad del futuro. Relaciones entre la educación superior, la ciencia y la tecnología*. UNAM / Plaza y Valdés.

Foucault, Michel. (2002). *El orden del discurso.* Tusquets.

– (2005). *La arqueología del saber.* Siglo XXI.

Griffin, Keith; Rahman, Azizur and Ickowitz, Amy. (2001). *Poverty and the Distribution of Land.*: Department of Economics, University of California.

Jinesta, Carlos. (1951). *Evocación de Hidalgo.* Editorial papel y lápiz de México.

Lara Valdez, José Luis. (2003). *Casa de Hidalgo en San Felipe, Gto. La Francia Chiquita.* Gobierno del Estado de Guanajuato.

Martínez Martín, Abel Fernando. Reflexiones en torno al sistema mundo de Immanuel Wallerstein. En: *Revista Historia y Memoria*, 2027-5137, vol. 2, 2011, pp. 211-220. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. historiaymemoria@uptc.edu.co Consulta del 7 de septiembre de 2014.

Ochoa de Castro, Concepción. (2003). *Álbum patriótico ilustrado del primer caudillo de la independencia Don Miguel Hidalgo*. Gobierno del Estado de Guanajuato.

Rodríguez Solera, Carlos Rafael. (2004). *Educación y desigualdad desde una perspectiva internacional*. Editorial Praxis/ UAEH.

UNESCO. (2005). *Informe mundial de la UNESCO. Hacia las sociedades del conocimiento.* UNESCO.

Viñamata Paschkes, Carlos. (2012). *La Propiedad Intelectual.* 6ª edición. Oxford.

Wallerstein, Immanuel. (2005). *Análisis de sistemas-mundo. Una introducción*. Siglo XXI.

Educar en-para la sociedad del conocimiento

José Luis Martínez Rosas

La sociedad del conocimiento y el desarrollo humano, ambos en su carácter paradigmático, son dos fuentes de tensiones sobre la educación y sobre los asuntos pedagógicos en sentido estricto: el curriculum y la didáctica; porque ambos paradigmas exigen la reconceptualización, reorientación e innovación de *lo educativo*.

Tengamos en mente el desarrollo reciente, en el tiempo de larga duración de tres revoluciones industriales que dieron avances como las máquinas de vapor durante la primera revolución, el motor de combustión interna y de los transportes y la industria de la transformación en la segunda, de la informática y las TIC en la tercera y que en estos momentos vivimos la cuarta revolución industrial (4R) que va más allá de la industria, impactando todos los ámbitos de la vida humana, al ser una revolución cognitiva y epistémica; por esta razón la 4R genera lo que le denominamos Sociedad del Conocimiento.

Con relación a lo anterior, algunos interesados en el tema de la sociedad del conocimiento consideramos en términos cuantitativos que, durante el siglo XX se duplicó la información producida por toda la humanidad del siglo XIX hacia atrás, y estimamos que se cuadruplicará esa masa de información previamente generada durante la primera mitad del siglo XXI. A lo anterior se suman aspectos cualitativos como la inconmensurabilidad de los significados y conocimientos integrados en la información potencialmente decodificable. Ambos aspectos: el cuantitativo que se manifiesta en el crecimiento de la masa crítica de información y el cualitativo en la inconmensurabilidad del conocimiento, inciden en el estado del conocimiento en los diferentes campos y ramas de este, así como en los procesos de reproducción ampliada del conocimiento que se realiza en los procesos de investigación, y que inciden en la transferencia y en el uso de este.

La masa crítica de saberes, que son los conocimientos socialmente comunicables, crece de manera geométrica, más que aritmética y se convierte en un espacio progresivamente complejo; estas carac-

terísticas hacen indispensable su identificación, selección y jerarquización para fines educativos. Esta masa crítica crece de manera exponencial, dándole un carácter especial a la sociedad del conocimiento y haciendo necesaria la flexibilidad y la innovación en los diseños y componentes curriculares, así como en los modelos de aprendizaje y de enseñanza y en el conjunto de elementos constitutivos de los sistemas educativos.

Consecuentemente, los diseñadores de curriculum y todos los sujetos que participan en las diversas fases de su elaboración deban afrontar tal problemática, en el entendido de que cualquier diseño curricular resulta obsoleto rápidamente y es necesario modificarlo e incluso sustituirlo en plazos cada vez más cortos.

La necesidad de una rápida y oportuna articulación de los componentes pedagógicos, de los proyectos y de los sistemas educativos, seguramente se profundizará en la medida en que continúe el crecimiento vertiginoso de la masa crítica de conocimientos y se convertirá en una función sustantiva y cotidiana de las instituciones educativas, principalmente de educación superior.

Además de la flexibilización e innovación curricular, se deriva otra problemática del proceso de globalización y particularmente de la internacionalización de la educación: la equivalencia, homologación y certificación de estudios y grados académicos, que hacen posible facilitar el tránsito de profesionistas por diversos países.

De estas nuevas tareas, se deriva también la necesaria búsqueda de lineamientos, modelos, métodos y estrategias en el campo de la didáctica; que derivarán en la revisión de nuestros conocimientos actuales y en la innovación en materia de didácticas especiales en la educación en ciencia y tecnología, o si se quiere, en tecnociencias.

Las reflexiones y propuestas teóricas, que se presentan a continuación, derivan de un proyecto de investigación realizado en el marco del Doctorado en Ciencias de la Educación en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México; y pretenden aportar elementos para renovar diversos aspectos de la educación, contenidos y sobre todo procesos de formación, situándolos en el contexto de la sociedad del conocimiento (SC). En este orden de ideas iniciaremos precisando algu-

nos antecedentes históricos y conceptuales, de la sociedad del conocimiento, así como los rasgos que nos parecen más relevantes de ésta.

Antecedentes conceptuales de la sociedad del conocimiento

Para comprender el enorme impacto de la sociedad del conocimiento en la educación y en todos los órdenes de la vida social, es necesario profundizar en su conocimiento, tanto desde el punto de vista de su conformación histórica, como en el presente y la perspectiva de su desarrollo futuro.

Se trata de un abordaje de la SC, que considera:

a) Dos puntos de vista: diacrónico y sincrónico.
b) Tres niveles básicos de organización de la realidad: macro, meso y micro; priorizando el nivel macro en el presente estudio, para generar algunos indicadores y análisis de tipo estadístico en el plano mundial y Latinoamérica; así mismo se muestran implicaciones para México, considerado como nivel meso y en algunos casos se incluyen indicadores sobre realidades locales consideradas el nivel micro.
c) Múltiples dimensiones (espacios o campos), con prevalencia de la dimensión científico-técnica y de la dimensión educativa, dada la naturaleza del presente estudio.

Este abordaje tiene como propósito construir una perspectiva de análisis y articulación multirreferencial sobre el objeto de estudio y sobre su marco contextual (Ardoino, 2005; Fontaines-Ruiz y Martínez Rosas, 2016).

Lo anterior permite mostrar la gran relevancia y pertinencia de un objeto de estudio complejo y transversal enunciado desde el mismo título de la obra: “educar en y para la sociedad del conocimiento”, que sobredetermina los contenidos curriculares y de la didáctica que les es propia a esta educación.

Desde el punto de vista diacrónico, es conveniente identificar las características de los principales antecedentes de la SC, como son

la sociedad de la información, la sociedad red y la economía del conocimiento. Cabe precisar que estos antecedentes se encuentran presentes y subsumidos en una realidad de mayor complejidad, alcance y relevancia en el sistema-mundo y en el proyecto civilizatorio contemporáneo de la humanidad; son, por así decirlo, dimensiones de la SC.

La sociedad de la información y la sociedad red

La sociedad del conocimiento tiene diversos antecedentes que en la actualidad se han subsumido en ella. Uno de ellos y quizá el más importante es la sociedad de la información (Machlup 1962; Nora y Minc, 1980), que se refiere a los procesos sociales en los que la información procedente de datos permite generar conocimiento; este tipo de sociedad por sí misma ya no es tan relevante en la actualidad, como lo fue en su origen. De manera similar, la "sociedad red" (Castells 2000), que es otro antecedente, enfatiza un aspecto de la nueva sociedad del conocimiento, que consiste en su integración en una red digital compleja, compuesta por múltiples y diversos nodos. Actualmente el uso intensivo de la información y el desarrollo social y semiótico en forma de red, aunque forman parte de los rasgos definitorios de la sociedad mundial o de una nación, no pueden considerarse sistemas autónomos o aspectos independientes uno de otro, sino que forman parte de un todo mayor, es decir, de un macrosistema al que se ha denominado sociedad del conocimiento.

En el marco de estas dos sociedades que anteceden a la SC y que actualmente son dos dimensiones constitutivas de la misma, los conceptos claves son: la creación, distribución, difusión, uso y manipulación de información, datos y conocimientos, que son entendidos como un conjunto de actividades significativas de tipo social, económico, político y cultural; de manera similar, también se manejan los conceptos de difusión de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), la producción, sistematización y flujo de la información a través de TIC, el número de computadoras personales (PC) y otros productos y dispositivos, el número de usuarios, el acceso a internet, la transferencia de información (bits) y las brechas digitales; también han

sido conceptos principales que constituyen, enriquecen y proporcionan mayor complejidad a la sociedad de la información y a la sociedad red. Todos ellos en conjunto van recentrando los procesos sociales justamente en el conocimiento como elemento esencial.

Algunos indicadores de la dimensión informacional de la SC

Uno de los indicadores claves de la sociedad de la información que nos permiten vislumbrar su enorme impacto en la sociedad mundial al inicio del presente milenio, son los usuarios de internet en el mundo; éstos se han incrementado exponencialmente en los últimos años, de menos de 50 millones en 1995, a más de 350 millones en 2000, a casi 600 millones en 2002; de tal manera que, para 2022, la población mundial usuaria de internet es casi del 60% de la misma. Se estima que, en 2023, la población mundial es de 8 mil millones y que 5.4 mil millones son usuarios de internet, lo cual nos arroja un promedio de 67.5%.

De acuerdo con la regionalización del Banco Mundial y con base en cifras que provienen de sus bases de datos (2023a), en distintas regiones del orbe el porcentaje de la población que es usuaria de internet varía, según se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1. *Usuarios de internet en el mundo.*

Región geográfica	% de población usuaria de internet	
	2020	2021
América del Norte	91.04189361	
América Latina y el Caribe	73.88498765	
Unión Europea		86.72691974
Europa Central		84.71314898
Europa y Asia central	83.81851667	
Asia Oriental y el pacífico		73.13558956
Oriente Medio y Norte de África	75.52296851	
Región África al sur del Sahara	29.34575843	

Como muestran las cifras anteriores, los internautas se distribuyen de manera desigual en las distintas regiones del orbe; esta situación se manifiesta dramáticamente desigual al focalizar y comparar los países menos desarrollados, según la clasificación de las Naciones Unidas (ONU), cuyo porcentaje de población usuaria de internet en 2020 fue el 23.51%, frente a la misma población de los países más desarrollados, por ejemplo los miembros de la OCDE, con un 86.22% de usuarios de internet; lo que arroja una diferencia negativa para los primeros, del orden de -58.71 pts. (Banco Mundial, 2023a)

En el caso de México para 2020 el 72%, es decir, 84.1 millones de la población es usuaria de internet (INEGI, 2022), y a estas cifras debe sumarse la aceleración en el crecimiento de internautas durante 2021, debido a la recuperación de poder adquisitivo, a la reconfiguración de gasto en el hogar y a las nuevas necesidades digitales derivadas del confinamiento; en este sentido se alcanza la cifra de 89.5 millones de internautas con un crecimiento anual promedio de 6.4% (Asociación Internet MX, 2022).

A nivel nacional, 21.8 millones de los hogares mexicanos (60.6% del total) contó con acceso a internet en 2022 y el teléfono celular con pantalla táctil (Smartphone) representa un elemento democratizador para el acceso a internet, por ejemplo, el 59.6% del flujo de datos en internet a nivel mundial se realizó mediante dispositivos móviles; de manera similar, el 96% de los internautas mexicanos utilizan teléfonos inteligentes y con una alta penetración en todos los segmentos de edad y niveles socioeconómicos; mientras que el 28.3% usó computadora portátil, 16.5% computadora de escritorio, 10.9% Tablet, Smart tv el 22.2% y consola de videojuegos el 6.1% (INEGI, 2022).

A pesar de este incremento, que puede considerarse una democratización en el acceso a la sociedad de la información y a la sociedad red, en México, el 24% de la población de 6 años o más aún se encuentra desconectada, el 88.5% de esta población pertenece a niveles socioeconómicos bajos y el 42.9% a segmentos mayores de 54 años principalmente; además, la falta de habilidades digitales afecta al 35% y los precios inaccesibles al 23%. Estas brechas digitales obstaculizan que esta población pueda acceder a clases

en línea o home office y, por lo tanto, se convierta en ciudadano de pleno derecho en la sociedad de la información y participen en la sociedad red (INEGI, 2022).

Con relación a otros indicadores relevantes de la sociedad de la información, para diciembre de 2022 sumaron 1.97 millones de sitios web en el mundo y se realizaron 8.5 millones de consultas diarias a través de Google. En cuanto a distribución de idiomas según su uso en internet, en el 2023, encontramos los siguientes datos sobre los idiomas más utilizados en la comunicación: el Inglés con 25.9%, el Chino: 19.4 y el español 8%.

Respecto a la información de todo tipo producida en distintos formatos y soportes en 1999 del total mundial, se estimó que el 93% fue en formatos digitales, los documentos impresos en papel abarcan sólo 3% de la información total producida, mientras que el resto de la información (4%) se produjo en otros medios y soportes, como son: audios, videos, fotografías, etcétera.

Los datos anteriores sirven para mostrar la gran relevancia que tienen la sociedad de la información y la sociedad red para el conjunto de la humanidad, por una parte, y para mostrar los grandes esfuerzos a realizar desde los espacios educativos, tendientes a ciudadanizar el uso de tecnología e información y la interacción en redes digitales.

La economía del conocimiento y la sociedad postindustrial

La economía del conocimiento es otro antecedente que en la actualidad se ha subsumido en la sociedad del conocimiento, sumándose a la sociedad red y a la sociedad de la información, como dimensiones constitutivas de la SC; en este caso se trata de la dimensión económica de la SC.

La economía del conocimiento se refiere al conjunto de la sociedad que usa intensivamente el conocimiento en la producción de bienes y servicios, abarcando sus procesos y productos. Por esta razón, el conocimiento en esta economía se convierte en su principal activo y tiene un alto valor, muchas veces por encima del capital fijo integrado por las instalaciones, maquinaria y equipamiento en general; o del capital financiero o del valor de la materia prima (Davat y Rodríguez, 2009; Basave y Rivera, 2009).

Dada la relevancia y valor que adquiere el conocimiento en la economía, se invierte en producirlo, gestionarlo y aplicarlo, para producir innovaciones tecno-económicas, incrementar la productividad, desarrollar y mantener ventajas competitivas en el mercado global. De tal manera que el conocimiento se convierte en mercancía e insumo del proceso de producción y está sujeto a un valor de cambio; con lo que se restringen sus potencialidades en el desarrollo humano y social en su conjunto.

En este marco, la *industria del conocimiento* es el eje central de la economía del conocimiento, al tratar al conocimiento como elemento principal del proceso productivo y como base del incremento del plusvalor de las mercancías y de las sociedades nacionales basadas en esta industria. Así mismo, el uso intensivo del conocimiento incide en el sector terciario de la economía a través de la digitalización progresiva de los servicios de salud (telediagnósticos, cirugías remotas), educación (mediada por tecnologías del aprendizaje y del conocimiento), transporte (electromovilidad, drones), etc. En el sector primario de la economía, el uso intensivo del conocimiento y la tecnología derivada ya están permitiendo el desarrollo de la agricultura digital.

Uno más de los aspectos derivados de la economía del conocimiento son las nuevas profesiones que requiere el desarrollo de la SC o algunos de sus rasgos más dinámicos (inteligencia artificial, automatización de los procesos, realidad virtual, internet de las cosas, simuladores); éstas apuntan hacia una superespecialización y exigen una adaptación rápida y dinámica de los profesionistas; solo para ejemplificar, algunas de estas son: programador html5, community Manager, arquitectura de plataforma móvil, programador app para móvil.

Machlup (1962), quien acuñó el término de *industria del conocimiento*, calculó que en 1959 el porcentaje del PNB de los Estados Unidos, correspondiente a la industria de la información y del conocimiento había sido del 29%, con una tendencia al alza. Actualmente el Estado de California suele considerarse por sí solo como la sexta o séptima economía mundial; lo que se basa princi-

palmente en el valor conjunto de los conglomerados de industrias de uso intensivo del conocimiento ubicadas desde 1951 en Silicon Valley (Bahía de San Francisco, California), que genera una alta concentración de industrias relacionadas con semiconductores y computadoras como son HP, APPLE, AMD, MICROSOFT, INTEL, entre otras.

Por otra parte, Bell (2006) propuso el término de *sociedad postindustrial*, donde el conocimiento no resulta incompatible con la producción de manufacturas y bienes de consumo; en todo caso el sector secundario (industria) y el sector terciario (servicios) de la economía se integran en mayor medida, pero este último no desplaza o supera al secundario; a pesar de su nombre. Sin embargo, debe tenerse presente que, en esta sociedad y a pesar de su nombre, sigue existiendo la industria.

Otro término en boga es el de la *sociedad científica* o de la ciencia (Kreibich, 1986), pero no abarca al conjunto de clases, sectores y estamentos sociales, sino solo a un grupo de estos, que tiene un importante papel; por ello, esta sociedad se reduce a la comunidad científica.

Algunos indicadores de la dimensión económica de la SC

Entre los conceptos más relevantes de la economía del conocimiento resultan claves los siguientes: el uso y transferencia de conocimiento y su aplicación para resolver problemas y desarrollar innovaciones tecnológicas, la industria con uso intensivo del conocimiento, el mantener ventajas competitivas en el mercado global, la gestión del conocimiento y el capital intelectual y su medición; los parques tecnológicos o de innovación, los clusters y diversos tipos de conglomerados industriales, la propiedad intelectual, el número y valor de las patentes y marcas, los derechos de autor; entre otros elementos. A continuación, se presentan cifras de algunos de ellos, que sirven para ejemplificar el enorme impacto social de la economía del conocimiento.

Tabla 2. *Indicadores de exportaciones de alta tecnología y transacciones por propiedad intelectual.*

	Exportaciones de alta tecnología		Cargos por el uso de la propiedad intelectual 2020	
	$ millones 2020	% de exportaciones de manufacturas 2019	Ingresos $ millones	Pagos $ millones
World	2,853,594	20.7	388,563	459,715
East Asia & Pacific	..	34.1	70,451	106,982
South Asia	..	9.5	1,269	7,531
Europe & Central Asia	749,860	16.1	190,144	267,573
North America	167,112	18.2	122,775	61,415
Latin America & Caribbean	90,465	13.8	1,138	10,514
Middle East & North Africa	16,869	4.6	2,547	3,596
Sub-Saharan Africa	2,542	5.5	239	2,104
México	71,003	20.4	17	609

La tabla anterior contiene datos proporcionados por el Banco Mundial (2023b) y cálculos realizados por el autor con base en los mismos datos, que nos señalan el valor financiero de los cargos por el uso de la propiedad intelectual y de las exportaciones de alta tecnología en 2019 y 2020, respectivamente.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, Europa y Asia Central, así como Norteamérica y Asia del Este y del Pacifico destacan por el volumen de sus movimientos financieros relativos a estos rubros, mientras que otras regiones tienen un peso más modesto; lo que indica la gran desigualdad mundial en la economía basada en el conocimiento. Se agregaron los datos de México, para tenerlos como referencia en el contexto global.

En la economía del conocimiento existen otros elementos e indicadores relevantes que debemos tener presentes al menos en calidad de referencia, para valorar su gran importancia; un elemento es la propiedad intelectual, cuya gran relevancia ha sido reconocida y sometida a tratados internacionales, como el Tratado México EEUU y Canadá de libre comercio (T-MEC), en donde constituye el capítulo segundo. En este tratado, se establece el objetivo de la propiedad intelectual en los siguientes términos:

> La protección y la observancia de los derechos de propiedad intelectual deberían contribuir a la promoción de la innovación tecnológica y a la transferencia y difusión de la tecnología, en beneficio recíproco de los productores y de los usuarios de conocimientos tecnológicos y de modo que favorezca el bienestar social y económico, y el equilibrio de derechos y obligaciones. (Gobierno de México, 2019, p. 20-02),

Lo anterior es indicativo de la enorme relevancia del capital intelectual y de su reserva y explotación, así como de la economía del conocimiento en su conjunto. Al respecto, el conocimiento producido puede codificarse en forma de patente para posibilitar su aplicación tecnológica e innovaciones en distintos procesos; las patenten inciden en nuevos procesos industriales y en funciones sustantivas emergentes de la universidades, particularmente en: a) la transferencia de conocimiento y tecnología de la universidad hacia la sociedad, b) la vinculación universidad-empresa y universidad-Organismos de la Sociedad Civil (OSC), c) el emprendimiento que pueden impulsar nuevos agentes económicos, entre estos, los egresados de las universidades.

Algunos de indicadores de la propiedad intelectual, relativos al patentamiento, se muestran a continuación.

Tabla 3. *Solicitudes de registro de patentes, marcas y diseños industriales en distintas regiones del mundo.*

	Solicitudes presentadas de residentes y no residentes en 2019

	de patentes	de marcas	de diseños industriales
World	3,226,100	15,130,000	1,361,000
East Asia & Pacific	2,041,268	9,410,639	850,987
South Asia	55,543	433,427	16,460
Europe & Central Asia	372,812	2,678,144	378,391
North America	657,941	846,931	57,393
Latin America & Caribbean	54,493	753,575	15,406
Middle East & North Africa	36,211	682,595	32,704
Sub-Saharan Africa	10,449	145,354.00	6,734.00
México	15,941	160,185.00	3,726.00

De la misma fuente (Banco Mundial, 2023b) se han obtenido los datos básicos sobre los cuales el autor ha realizado cálculos y ha seleccionado las regiones hemisféricas, para mostrar la relevancia de algunos indicadores relativos a la propiedad intelectual, como son las solicitudes que se realizan para registrar patentes, marcas y desarrollos industriales; en el presente estudio no se incluyen otros indicadores que también tienen gran relevancia, como es el caso de las solicitudes de derechos de autor y de las solicitudes que efectivamente los Estados-nación otorgaron a los solicitantes para la explotación de patentes, marcas y diseños industriales.

Al respecto se han realizado estudios de diferente alcance sobre las industrias de uso intensivo del conocimiento y los conglomerados a los que estas se integran, entre ellos parques, polígonos, valles, clúster y otras formas de agrupamiento de tipo industrial, de innovación, de una rama industrial o de un sector de la economía como la aeronáutica o la químico-farmacéutica, por ejemplo.

Un estudio de los diez centros de investigación científica y tecnológica de carácter público en el estado de Querétaro, realizado por el Consejo de Ciencia y Tecnología de esa entidad, señaló en sus conclusiones que:

> El conocimiento protegido es mínimo, ya que una sola universidad de los Estados Unidos de Norteamérica como lo es la University of California (The Regents) produjo 526 patentes únicamente en 2018; mientras que todos nuestros CICTEQ en toda su historia de existencia han producido únicamente 94 (González Rodríguez, 2020, p. 193).

Lo anterior corrobora la tesis sobre la desigualdad y las brechas de conocimiento entre los países centrales y los de la semiperiferia y periferia del sistema-mundo, en este caso entre una universidad norteamericana y los centros de investigación de una entidad mexicana.

Por otra parte, en el estudio de las patentes (Diaz, 2014) deben diferenciarse distintos aspectos y procesos, entre ellos,

a) La generación de la patente por la universidad o el centro de investigación o los académicos que la crearon (*University Invented Patents*), o también para una industria del conocimiento que pudiera haber financiado o coparticipado en el proceso sociotécnico de su creación;
b) La propiedad de la patente para una o más de las entidades anteriores en forma exclusiva o compartida, entre ellas las que son propiedad universitaria (*University Owned Pantents*);
c) El registro de la patente ante alguna agencia nacional e incluso internacional dedicada esta tarea;
d) El otorgamiento de los derechos de explotación y las características o restricciones que puede tener el otorgamiento de este derecho por parte la agencia que lo emita;
e) El uso, aplicación o explotación de la patente para generar bienes y servicios;
f) El tiempo o duración de los derechos de explotación de la patente;
g) Las condiciones para la venta de la patente, en su caso;
h) Las condiciones para que la patente sea de *dominio público*, de tal manera que pueda explotarse por parte de cualquier persona física o moral interesada o, en su caso, las condiciones para

refrendar el registro y la explotación de la patente por un nuevo periodo de tiempo a favor de la entidad propietaria de la misma.

Por otra parte, todos los elementos señalados en este apartado se encontrarán subsumidos en la sociedad del conocimiento, como una realidad mayor que, a pesar de que se identificó desde los años sesenta del siglo XX, apenas emerge como realidad en el tiempo de larga duración que los va integrando progresivamente.

El concepto de sociedad del conocimiento y sus elementos característicos

La sociedad del conocimiento (SC) surge en la segunda mitad del siglo pasado, cuando se identifica una "era de la discontinuidad" debido al paso o la transición de la economía basada en bienes materiales hacia otra, cuya base es el conocimiento (Drucker,1969), afectando no solo a la base infraestructural de toda la sociedad mundial, sino a sus superestructuras y al conjunto de sus procesos: sociales, tecnológicos, culturales, económicos, políticos, educativos, etcétera.

Bell (2006) señala con mayor puntualidad la importancia que tiene el conocimiento para toda la sociedad; en sus análisis de los cambios sociales en la sociedad postindustrial de los años 60 e inicios de los 70, incorpora diversas dimensiones, además de la económica, como la distribución ocupacional, el trabajo calificado, la preparación profesional; así como el conocimiento teórico. Este último es identificado como fundamental en la producción de innovaciones y por lo tanto en la sociedad postindustrial, ya que la tecnología deriva de él. Bell trató de demostrar que "la tecnología (incluyendo la tecnología intelectual) y la codificación del conocimiento teórico como nuevo principio para las innovaciones y las políticas están remodelando el orden tecnoeconómico, y con él también el sistema de estratificación social" (1977, p. 8).

Las tesis básicas de ambos autores se han mostrado cada vez más valiosas y certeras al proporcionar explicaciones generales acerca de las relaciones de sobredeterminación mutua y "redundante" entre

economía, tecnología, sociedad y conocimiento; y en el profundo impacto de estos aspectos en la vida cotidiana de las personas a lo largo del orbe y en unas cuentas décadas.

La SC, cuyos estudios son abordados por los anteriores y por otros autores (Lane, 1996; UNESCO, 2005) es una realidad en proceso de constitución y su conceptualización, frente a otras categorías como la sociedad de la información y la economía o industria del conocimiento, es más compleja e incluyente, de tal manera que las subsume, integra y reordena.

Los conceptos más importantes inmersos en la SC son la distribución y desarrollo de conocimientos intra e inter societales, las comunidades de conocimiento: sapientes, epistémicas, redes solidarias, de analistas simbólicos; el modo 2 de producción de conocimiento, la gestión del conocimiento, el reconocimiento de la diversidad cultural y de saberes. En este sentido, la sociedad de la información y la economía del conocimiento se constituyen en dimensiones de la sociedad del conocimiento.

En la SC, de acuerdo con Lane (1996), sus integrantes reflexionan y discuten sobre sus creencias acerca del hombre, la naturaleza y la sociedad. Esta sociedad se guía por estándares objetivos e intersubjetivos de validez y verdad y por el nivel más alto de la educación; sigue reglas científicas de evidencia e inferencia; destinando un apoyo considerable a almacenar, organizar e interpretar el conocimiento en un esfuerzo constante y emplea este conocimiento para iluminar, alcanzar y modificar sus valores y metas.

Con un sentido convergente con las proposiciones de Lane, Bell (2006) considera que la sociedad del conocimiento se caracteriza porque puede optar conscientemente y tomar decisiones fundamentadas en el conocimiento, tanto a nivel de organizaciones, como de instituciones y gobiernos. Dicho conocimiento puede ser el conocimiento autorizado de los expertos, como también del público y global.

En el mismo orden de ideas, a juicio de la UNESCO (2005), en esta sociedad el conocimiento incluye todas sus modalidades y grados, desde el asociado a las tecnologías, hasta el conocimiento tradicional de comunidades indígenas y el conocimiento práctico profesio-

nal, los saberes tradicionales y teóricos, las formas de pensamiento crítico, filosófico, cotidiano; además de la clásica diferenciación entre dato, información y conocimiento.

Si bien la UNESCO hace énfasis en hablar de las sociedades del conocimiento en plural, remarcando la incidencia en ella de la diversidad sociocultural y posibilitando una mayor reflexión acerca de la democratización y ciudadanización planetaria del conocimiento y de la ciencia, es necesario enfatizar que se trata simultáneamente de una y de múltiples sociedades del conocimiento, es decir, de una realidad donde existe unidad con diversidad y que, además, se expresa "glocalmente" en la sociedad mundial y sus niveles global, nacionales, intranacionales y propiamente locales.

En esta sociedad, el conocimiento y sus distintos tipos y grados, es indesligable del desarrollo humano, de su distribución social, de la participación de los distintos actores y estamentos sociales, es decir, del conjunto de la sociedad civil, no solo de un estamento ilustrado de la misma, como lo es la comunidad científica o de investigadores y académicos.

Consecuentemente, la SC para desarrollarse deberá superar la brecha digital e informacional que fortalece y sobredetermina la brecha mundial del conocimiento, es decir, el desarrollo y diversificación de la infraestructura digital e informática, así como de la sociedad red, la economía del conocimiento, entre otras dimensiones, sobredetermina y afecta al desarrollo y constitución de la sociedad del conocimiento.

Este esfuerzo de superación de las brechas en materia infraestructural y epistemológico requiere procurar una mejor educación, la participación social, la difusión y trasferencia del conocimiento y la convivencia y comunicación intercultural; además de la integración y convivencia de los distintos tipos de conocimiento; en aras de un mejor y mayor desarrollo social y humano.

Así mismo, el desarrollo mundial y nacional de la SC implica superar su reducción a la economía del conocimiento; esta reducción opera cuando se considera al conocimiento solo como un medio o instrumento económico, es decir, solamente como capital intelectual. Ambas reducciones, la de la SC a la economía y la del conocimiento a capital, se realizan al pensar y actuar sobre la realidad planetaria con

un sentido utilitarista y un interés cognoscitivo de tipo técnico (Habermas, 1982, 1986). El pragmatismo fue útil para el desarrollo del capitalismo, su racionalidad instrumental y el discurso neoliberal; pero todas estas construcciones humanas ya han cumplido su misión histórica y es hora de dejarlas atrás, puesto que estamos en el filo de la hora cero de la destrucción del hábitat de la civilización humana.

La SC, aunque está configurada en la segunda década del siglo XXI de una manera muy desigual, requiere para su desarrollo futuro, del funcionamiento democrático de la sociedad mundial, en un sentido muy complejo y amplio, incluyendo el ejercicio práctico de los derechos humanos declarados universales, el combate a la desigualdad y polarización social; lo cual exige a la educación impulsar el ejercicio de la ciudadanía global con base en el conocimiento de la sociedad mundial en todos sus órdenes.

En consecuencia, el desarrollo democrático de la sociedad del conocimiento implica, además, la práctica de las libertades cada vez mayores y su constatación empírica, por ejemplo, en su aportación al índice de desarrollo humano. En otras palabras, la sociedad del conocimiento tiene una alta correlación con los derechos humanos universales y su progresivo despliegue puede impulsar el desarrollo humano y social, bajo los principios de igualdad, equidad, justicia social y democracia.

Se trata en consecuencia de ver la SC como oportunidad de desarrollo social y humano, desde una moderada confianza histórica, lo que nos lleva a visualizar el papel de la educación en este contexto y ante estos desafíos. Se trata, de ensayar algunas proposiciones acerca de la educación en el contexto de la SC, es decir, desde dentro de la misma, al mismo tiempo que educamos para ella; de ahí que se sintetice esta visión prospectiva en el postulado: “educar en y para la sociedad del conocimiento”.

La economía del conocimiento en México, su situación e impacto

Para mostrar la gravedad de la problemática en México, relativa a la generación de invenciones patentables, rescatamos datos aparecidos en un artículo periodístico (El Universal, 2007), donde se señala que:

Según datos del Foro Consultivo Científico y Tecnológico hay un fuerte atraso en México en cuanto a ciencia y tecnología. Anualmente se otorgan aproximadamente 150 patentes a especialistas del país, cifra inferior a la que tenía Estados Unidos en el siglo XIX; un ejemplo de lo anterior es que las 100 principales empresas mexicanas contratan a menos de mil especialistas con doctorado, cifra entre 10 y 20 veces inferior a la de otras naciones.

Desde 1994, el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial (IMPI) registra un promedio anual de 150 patentes mexicanas, lo que significa una fuerte disminución del 45% con respecto al número de inscripciones registradas en 2004. Tan sólo de 1995 a 2005, las patentes a mexicanos cayeron de 343 a 150 en promedio.

Según datos del volumen de Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas 2005, elaborado por el Consejo Mexicano de Ciencia y Tecnología (CONACYT) la caída en la generación de patentes mexicanas contrasta con el registro de invenciones de origen extranjera, que en 10 años pasó de 3 mil a 6 mil registros por año.

La misma problemática, a partir de datos oficiales presentados por el IMPI según distintas áreas de conocimiento, las patentes otorgadas en México son:

ÁREA	%
Procedimientos y metodologías	47
Productos	29
Diagnóstico, detección y tratamiento de enfermedades	15
Material y equipo	6
Uso y aplicaciones	3

El análisis de las patentes biotecnológicas otorgadas en México en el período de las dos últimas décadas evidenció que durante la déca-

da de los 90, las áreas de patentamiento se diversificaron como reflejo de los rápidos avances y cambios tecnológicos (Solleiro y Briseño, 2003).

Lo anterior permitió que, en 2000 y 2001 se otorgaron más de la mitad de las patentes que se concedieron en la década inmediata anterior completa (ibid). De seguir así esta tendencia, cabría esperar que, al revisar el número de patentes otorgadas, se incremente significativamente el número de patentamientos desde 2010 hacia delante.

Sin embargo, los mismos autores señalan que el 96% de las patentes otorgadas en nuestro país fue para solicitantes extranjeros, principalmente empresas estadounidenses, japonesas y en menor grado, europeas.

La dimensión jurídica de la economía del conocimiento y su elemento clave: la propiedad intelectual

La propiedad intelectual, y específicamente sus derechos, están protegidos por los Estados-nación, por convenios y tratados internacionales y por diversos organismos multinacionales y mundiales; engloba las patentes, marcas, derechos de autor y otros aspectos de menor relevancia (Bercovitz, 2004).

En el caso de la educación las universidades y específicamente los centros de investigación desarrollan tecnología en su sentido amplio e innovaciones, cuya propiedad y uso son susceptibles de proteger jurídicamente. En el caso de las instituciones de educación pública existen problemas de patentabilidad en virtud de la legislación imperante en el Estado que las origina ya que en ésta puede estipularse que no son personas morales con poderes y atribuciones suficientes sino que estas corresponden al Estado originario. También puede darse el caso de que los resultados de proyectos de investigación suscritos entre universidades y empresas estipulen las condiciones específicas de la propiedad intelectual; pudiendo pertenecer a una o a las dos entidades según el tipo de contrato. En algunas ocasiones se puede mantener la propiedad y el usufructo de la invención, en otros se puede ceder este último indefinidamente durante un tiempo determinado; en otros casos la explotación del derecho de propiedad tiene sus peculiarida-

des específicas en los contratos y en algunas otras ocasiones incluso se puede comercializar pública y abiertamente el producto derivado manteniéndose solamente algunos de los derechos de propiedad.

Una problemática específica de las instituciones educativas corresponde a su normatividad interna ya que en estructuras complejas puede haber varias entidades de una universidad que de alguna manera tengan injerencia en los derechos de propiedad o en la explotación de los productos derivados. Puede darse el caso de que también los individuos participantes en un proyecto de investigación pudieran ser sujetos de derechos a las patentes.

Las invenciones industriales en su mayoría son patentables, sin embargo hay invenciones industriales sobre las que pesa una

prohibición para su patentabilidad. De cualquier manera las invenciones patentables deben de permitir generar una actividad inventiva derivada y desde luego tienen que ser nuevas.

Sea en el contexto de los Estados-nación o bien de la legislación internacional existen procedimientos mediante los cuales se logra que él o los Estados otorguen o concesionen las patentes.

Con la explosión de la sociedad de la información los secretos tecnológicos y la patentabilidad y usufructo del software son aspectos especialmente sensibles y difíciles.

Los órganos del Estado que otorgan las patentes y marcas deben formar parte intrínsecamente de la entidad o sistema de ciencia y tecnología, o bien del área de investigación + desarrollo + innovación (IDI); además en virtud del desarrollo tecnológico tan acelerado deben actualizarse permanentemente, realizar procesos de alta calidad para la protección de dichas patentes y marcas para protección eficiente, lo cual implica una duración muy corta del proceso.

La propiedad intelectual en México

En México los órganos del Estado que otorgan las patentes y marcas se ubican en el área de economía mientras que el órgano regulador de los derechos de autor se encuentra adscrito a la secretaría de educación pública.

En el primer caso la Ley de propiedad industrial es la legislación marco, y el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial (IMPI), es el órgano regulador del Estado. La legislación en mención abarca los siguientes aspectos:

a. Patentes
b. Modelos de utilidad
c. Diseños industriales
d. Esquemas de circuitos integrados
e. Marcas
f. Nombres comerciales
g. Avisos comerciales
h. Denominaciones de Origen
i. Secretos industriales

En el caso de los derechos de autor, el Instituto Nacional de Derechos de Autor (INDAUTOR) es el órgano regulador del Estado, mediante la Ley federal del derecho de autor cuyas atribuciones abarcan los siguientes aspectos:

j. Obras literarias, artísticas.
k. Productos científicos y académicos: incluye software.
l. Situaciones específicas: copyright, dominio público, software libre, titularidad, transmisión.
m. Derechos patrimoniales, morales y conexos

Tesis generales sobre la educación en y para la sociedad del conocimiento

Tesis 1. Educar en la SC es una oportunidad y un desafío

La sociedad mundial del siglo XXI es el producto más complejo del proyecto civilizatorio vigente que nos hemos dado, es una caja de sorpresas y al mismo tiempo una caja de pandora en nuestro mundo de vida. Se encuentra tensionada por la participación ciudadana al interior

de los Estados-nación e incluso por movimientos sociales antihegemónicos globales, amenazada por el deterioro y desequilibrio ecológico y por la aparición y desarrollo global de virus y agentes patógenos, lacerada por guerras y conflictos militares en países de la semiperiferia y periferia del sistema, preocupada por el hambre y el agotamiento de los recursos no renovables, pero también cada vez más compenetrada por la sociedad del conocimiento y por la acción ciudadana.

En este caldo de cultivo la educación científico-técnica es una necesidad de primer orden, tan relevante como la formación ciudadana, ética y filosófica, o en idiomas.

La educación en este campo no se ha abordado en México con la atingencia, oportunidad y suficiencia que demanda el desarrollo nacional del siglo XXI, y que se manifiesta en los ámbitos económico, social y cultural, así como en espacios particulares de los sistemas educativo y científico-tecnológico.

Hemos perdido décadas en las que ha languidecido la educación científico-técnica, en lugar de tener un lugar prominente en el proyecto educativo nacional. Los educadores, los diseñadores de curriculum en educación básica y media y los políticos que establecen prioridades educativas, les hemos quedado a deber a las nuevas generaciones y al conjunto de la sociedad mexicana.

Tesis 2. El sistema educativo nacional en materia de educación en CTI muestra debilidad

Esta gran debilidad del sistema educativo nacional implica la falta de formación de recursos humanos en tecnociencias, tanto en la cantidad suficiente que permita tecnificar y transferir conocimientos al agro, a la industria y al sector servicios a nivel nacional, como en calidad y con liderazgo para generar e implementar innovaciones tecnológicas y proyectos científico-tecnológicos de gran escala en todos los sectores y ramas de la economía intranacional o nacional.

Atender este déficit, es una tarea prioritaria que requiere enormes esfuerzos en distintas aristas, orientados a construir todo lo necesario para que nuestro país supere, por una parte, las grandes brechas frente

a otros sistemas educativos líderes en este campo a nivel internacional y, por otra, para mejorar su posición, actualmente subordinada como nación en el espacio mundial de la sociedad del conocimiento y sus derivaciones en materia de desarrollo en ciencia, tecnología e innovación.

La educación científico-técnica, a juicio de quienes escriben, debe elevarse al nivel de prioridad en el proyecto educativo nacional delineado en la constitución y sus leyes reglamentarias y debe sumar múltiples esfuerzos, requiriendo al menos, la convergencia de dos grandes agencias o secretarías (ministerios) de Estado en México: la Secretaría de Educación Pública y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; así como del sector privado y social.

Elevar la educación científico-tecnológica al rango de prioridad en el proyecto educativo nacional, implica modificaciones que pueden cristalizar en reformas o reorientaciones en la política sectorial, en la normatividad, en los programas sectoriales y regionales, en la orientación del gasto social y en otros aspectos derivados.

Tesis 3. La educación en CTI enfrenta obstáculos y contra-argumentos
El rechazo a la tesis anterior puede tener varias vertientes, que se traducen en razones para no educar o para educar débilmente en ciencia, tecnología e innovación:

1) Considerar que esta educación refuerza políticas y paradigmas proclives a la corriente principal de la ciencia, que se fundamenta en perspectivas neopositivistas, funcionalistas y utilitaristas.
2) Asumir que la educación científico-tecnológica refuerza directamente, no solo epistemologías del norte, sino la posición dominante de los centros del sistema-mundo en materia de propiedad y uso del conocimiento, acumulación de capital o superioridad tecnológica.
3) Dar por hecho que la educación en este campo refuerza la hegemonía sociocultural, los modelos y estilos de vida norteamericanos, eurocéntricos neocoloniales, imperialistas o, incluso, raciales.
4) Aceptar que solo se formarán tecnólogos acríticos y sin compromiso social con las grandes mayorías que han sido margi-

nadas del desarrollo económico y se mantienen en la pobreza educativa, económica, etcétera.

5) Vivir en el pesimismo histórico y conformarnos con un supuesto destino manifiesto de México e incluso de naciones hermanas, como usuarias de conocimientos científicos y tecnologías, sin capacidad, ni necesidad de convertir nuestros países en productores de conocimiento.
6) Asumir un discurso eterno como víctimas y culpables pasivos de la colonización o de intervenciones imperiales, sin realizar acciones proactivas en el desarrollo científico-técnico y en otros campos.

Consideraremos a este conjunto de razones como una actitud de desvalorización de la educación en ciencia, tecnología e innovación; aunque se traduce en algo más que eso, es decir, en una ideología, una posición política y estratégica para obstaculizar el desarrollo nacional; lo cual sería aún más grave.

Debilitar la educación en ciencia, tecnología e innovación, y en general en y para la SC, es un obstáculo al desarrollo del proyecto de nación.

Tesis 4. La educación en CTI es una carencia en la nueva escuela mexicana

La nueva escuela mexicana, que es el término que denomina las reformas educativas de la denominada cuarta transformación social (4T), no ha abordado este gran déficit del proyecto educativo nacional.

La cuarta transformación ha tenido un énfasis redistributivo buscando mayor justicia y equidad social, lo cual sin duda es positivo, ya que la sociedad mexicana se ha caracterizado por su enorme desigualdad estructural y por la consecuente polarización social y económica.

Sin embargo, debiera impulsarse con igual ahínco la 4R, es decir la cuarta revolución científico-técnica, cuyo desarrollo en plenitud se ha denominado sociedad del conocimiento.

No existe el menor resquicio de duda acerca de que el proyecto de nación debe integrar virtuosamente ambos procesos: la transformación social y la sociedad del conocimiento.

Como educadores, nuestro telón de fondo a nivel internacional abreva en los esfuerzos analíticos que se concentran en problematizar y proyectar los potenciales beneficios de una relación constructiva entre educación y sociedad del conocimiento.

Tesis 5. Educar en y para la sociedad del conocimiento inicia con la educación escolarizada a nivel preescolar y culmina con el doctorado y la práctica de la investigación

La cantidad de doctores es uno de los principales indicadores a mejorar, en el entendido de que son quienes se forman en el nivel terciario de la educación, justamente para producir conocimiento bajo la forma de tesis de posgrado, libros y artículos de investigación, patentes y procesos tecnológicos, principalmente.

Para esta tarea, partimos de recabar información de las bases de datos que nos proporciona la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), para revisar las cifras más relevantes del desarrollo científico tecnológico en México y en América Latina (RICYT, OEI, UNESCO; 2022). Respecto a lo anterior, en la siguiente tabla se incluye lo relativo a los sujetos productores de conocimiento, en las diferentes disciplinas o campos de conocimiento.

Tabla 4. *Personal de investigación y desarrollo en Latinoamérica y el Caribe y en México* (solo personas físicas investigadores).

Año	Argentina	Brasil	Chile	Colombia	México
2020	90.397		15.751	21.094	62.356
2019	90.656		15.438	16.796	58.013
2018	88.872	421.838	15.467	16.796	54.539
2017	84.284	397.243	14.392	13.001	54.578
2016	86.562	378.268	14.181	13.001	54.357
2015	82.396	343.413	13.015	10.050	48.812
2014	83.462	316.822	12.303	8.280	44.662

2013	81.506	295.212	9.795	8.011	42.222
2012	79.641	273.602	10.447		41.419
2011	76.804	251.992	9.388		56.481

En la tabla anterior, cuyos datos provienen de las bases de RICYT, OEI, UNESCO (2022), se pueden apreciar los siguientes aspectos: en las principales economías latinoamericanas, existe un crecimiento en la década 2011-2020 del número de científicos; este crecimiento es sostenido en general, salvo decrementos de Chile y México, en donde decrecen en algunos años respecto a 2011. Asimismo, en esta década en México se registra un incremento de 5875 científicos, que equivale al 1.07% anual, respecto a 2011.

Tabla 5. *Personal de investigación en Latinoamérica y el Caribe (incluye personas físicas: investigadores, técnicos y personal de apoyo).*

Año	Cantidad
2020	675.604
2019	659.963
2018	647.180
2017	614.066
2016	596.944
2015	545.308
2014	513.513
2013	483.442
2012	453.479
2011	443.681

Las cifras de la tabla anterior basadas en RICYT, OEI, UNESCO (2022), indican un crecimiento durante la década en estudio, del orden de 231,923 personas dedicadas a la investigación que se suman a las existentes en 2011, que se traduce en un incremento del 3.43% anual, respecto a la cifra base del 2011.

Cabe precisar que mientras el número de científicos se incrementó 3.4% anualmente en los países de mayor desarrollo en Latinoamérica, solamente creció al 1.07% anual en México; situación que resulta preocupante y cabe inferir que se deriva ciertamente tanto de la oferta de puestos laborales, como también de las personas físicas investigadoras que los demandan; siendo esto último atribuible al sistema educativo en su nivel terciario.

Tesis 6. La educación en y para la sociedad del conocimiento, al culminar impacta en el desarrollo científico, tecnológico y en la innovación de México

La producción científica-tecnológica y las innovaciones que de ella se derivan, se basan no solo en la fortaleza del aparato productivo, de las instalaciones físicas o del monto de capital invertido, sino principalmente de las fortalezas o las debilidades en materia de producción de conocimiento y en la capacidad para su aplicación al desarrollo sostenible y sustentable de una nación.

De ahí que es indispensable detenernos para visualizar esas capacidades de producción y uso del conocimiento en México, desde el punto de vista de su comparabilidad consigo mismo y con otros países que tienen un desarrollo socioeconómico similar; es decir la fortaleza o debilidad en estos rubros se obtiene desde dos perspectivas. a) al comparar los resultados del propio país a lo largo de un periodo, en este caso una década, bajo el parámetro esperado de su incremento sostenible y b) al comparar los resultados de varios países entre sí, bajo el parámetro de su relativa similitud en el desarrollo económico, social y cultural. Al contar con resultados desde estas dos perspectivas podemos obtener una valoración acerca de la debilidad o fortaleza de la producción de conocimiento de un determinado país, en este caso México.

Entre los múltiples indicadores construibles, hemos elegido los siguientes: a) la cantidad de artículos de investigación producidos en los países en cuestión, que no son el único indicador de producción de conocimiento, pero sí uno de los más importantes; y b) la cantidad

de patentes cuyo registro es solicitado a un Estado-nación, puesto que es la forma de conocimiento aplicable al desarrollo económico y cuya explotación refiere a su uso.

El primer indicador se refiere al número de publicaciones científicas correspondientes a autores de distintos países, registradas en SCOPUS, cuyas bases de datos abarcan un número aproximado de 20 mil revistas científicas con un carácter multidisciplinario y cuyo contenido constituye la tendencia más popular y tradicional de la ciencia, autodenominada "*mainstream*" o "corriente principal", que sintetiza el enfoque de mercado de los artículos científicos, como se aborda a continuación.

Tabla 6. *Artículos científicos de países de Latinoamérica y el Caribe publicados* en SCOPUS.

Año	América Latina y el Caribe	Argentina	Brasil	Chile	Colombia	México
2020	187.209	16.662	94.933	18.440	16.434	31.222
2019	172.264	14.921	88.691	16.342	14.816	29.227
2018	164.459	15.257	86.042	15.402	13.623	26.838
2017	153.133	14.438	80.753	13.856	12.065	25.150
2016	144.118	13.904	76.174	13.659	10.855	23.594
2015	131.668	13.579	70.391	11.738	9.106	21.618
2014	128.529	13.530	68.364	11.107	8.314	21.379
2013	118.043	12.251	64.016	9.321	7.452	19.553
2012	112.090	12.134	60.428	8.907	6.645	18.352
2011	102.706	11.627	54.865	7.824	5.635	17.116

Las cifras anteriores, basadas en RICYT, OEI, UNESCO (2022), muestran que en América Latina y El Caribe ha existido un incremento sostenido año con año a lo largo de la década en cuanto a los artículos publicados en *Scopus*, arrojando un crecimiento del 54.86% durante la década; dicha tendencia también se encuentra

en cada una de las principales economías de la región incluido México; en este país, el crecimiento a lo largo de la década en estudio es del 54.82%, ligeramente menor que el del conjunto de los países en estudio.

Por otra parte, respecto al número de patentes que se solicitaron registrar ante las diferentes agencias de cada Estado nacional, encontramos los datos explicitados en la siguiente tabla.

Tabla 7. *Solicitudes de patentes presentadas en varios países de Latinoamérica y el Caribe.*

	Total					
Año	Latinoamérica y el Caribe	Argentina	Brasil	Chile	Colombia	México
2020	55.034	3.490	27.091	2.812	2.121	14.312
2019	59.111	3.699	28.317	3.239	2.169	15.941
2018	58.617	3.724	27.551	3.098	2.309	16.424
2017	60.457	3.442	28.666	2.891	2.451	17.184
2016	63.358	3.807	31.018	2.907	2.210	17.413
2015	67.623	4.090	33.042	3.274	2.295	18.071
2014	66.701	4.682	33.179	3.105	2.236	16.135
2013	66.997	4.772	34.046	3.072	2.183	15.444
2012	66.788	4.816	33.537	3.019	2.228	15.314
2011	63.770	4.821	31.879	2.792	2.091	14.055
2010		4.717	28.141	1.076	1.932	14,576

Los datos anteriores, basados en RICYT, OEI y UNESCO (2022), se refieren a la cantidad de patentes que se presentaron a los Estados-nación en los periodos señalados, a fin de obtener su registro y solicitar la autorización para explotarlas.

Entre 2011 y 2020, en Latinoamérica y El Caribe, se incrementó el número de estas patentes en el orden del 115.87%, mientras que, en México, en el mismo periodo fue del 101.84%.

Lo anterior señala que la producción de patentes y su solicitud al Estado mexicano para su registro y aprovechamiento es muy débil, con relación a otros países latinoamericanas que tienen un desarrollo socioeconómico similar, como Brasil o Argentina, como se desprende de la comparación de estas cifras.

A continuación, se ofrece una aproximación del valor relativo del número de patentes presentadas en México con relación a Latinoamérica y el Caribe.

Tabla 8. *Solicitudes de patentes presentadas en México frente a Latinoamérica y el Caribe.*

Año	México			Latinoamérica y el Caribe (LAC)	% de México respecto a LAC
	Por residentes	Por no residentes	Total		
2020	1.132	13.180	14.312	55.034	26.00
2019	1.305	14.636	15.941	59.111	26.96
2018	1.555	14.869	16.424	58.617	28.01
2017	1.334	15.850	17.184	60.457	28.42
2016	1.310	16.103	17.413	63.358	27.48
2015	1.364	16.707	18.071	67.623	26.72
2014	1.244	14.891	16.135	66.701	24.19
2013	1.211	14.233	15.444	66.997	23.05
2012	1.292	14.022	15.314	66.788	22.92
2011	1.065	12.990	14.055	63.770	22.04
2010	951	13,625	14,576		

Cálculos propios basados en las cifras de RICYT (2022) nos señalan que la participación porcentual de México frente a LAC ha sufrido un incremento casi constante en la década en estudio, del 22 hasta el 26% a lo largo de la década en estudio; lo cual indica que la posición relativa de México ante Latinoamérica y el Caribe se ha incrementado leve, pero permanentemente, en este indicador.

Sin embargo, al visualizar estos indicadores de conjunto que se refieren a la producción de conocimiento de México ante el conjunto de América Latina y el Caribe, encontramos que, tanto en el caso del número de artículos publicados en Scopus, como en el número de patentes que se presentaron a los Estados-nación para su registro y explotación, encontramos que el crecimiento porcentual es menor en México frente al conjunto del hemisferio. No es que no haya existido un crecimiento en el conocimiento producido en México, sino que su ritmo fue menor al del conjunto de Latinoamérica y el Caribe.

Epílogo, lo que nos falta por hacer

Contrariamente a la actitud de subvaloración de la educación en ciencia, tecnología e innovación; y aunque parezca una obviedad decirlo, la educación científico-tecnológica como prioridad en el proyecto educativo nacional, implica visibilizar su importancia y estudiar su crecimiento (o decrecimiento en algunos años) frente a sí mismo, como país, y frente a economías homólogas en Latinoamérica y el Caribe; América del Norte e Iberoamérica.

Visibilizar y estudiar lo anterior nos debe llevar a cuestionarnos sobre los aspectos del sector económico que debieran demandar más producción de conocimiento aplicable al desarrollo de la industria intensiva del conocimiento; así mismo, respecto a las fortalezas y debilidades del nivel de educación terciaria, en cuanto a la producción de científicos en todas las ramas del saber; e incluso en los niveles primario y secundario de la educación, en tanto bases del nivel terciario.

Al revalorar ambos campos, el de la economía del conocimiento y el de la educación en-para la sociedad del conocimiento en México, en sus mutuas relaciones; deberíamos concluir en la necesidad de fortalecer ambos campos y sus procesos internos.

Los cambios en materia educativa debieran implicar modificaciones en el plano pedagógico en sentido estricto, es decir, por una parte en el currículum de la educación obligatoria (básica y media) y en la superior; y por otra parte, en la didáctica general y especial en el campo de la educación en ciencia y tecnología; además de una revisión y mejora

de las condiciones materiales de enseñanza y de un incremento de las capacidades de educabilidad del profesorado, entre otros aspectos.

Los cambios sugeridos implican asumir el compromiso de impulsar en el desarrollo científico-técnico, así como un enfoque social popularmente conocido como CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad), que incluye la participación social, principalmente a través de organizaciones de la sociedad civil (OSC) en los proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI), en todas las fases de la producción, gestión y uso del conocimiento.

Sin embargo, no basta incluir la sociedad a través de OSC, sino que los proyectos de CTI deben incluir también el respeto a la naturaleza y el equilibrio ecológico, como principios orientadores, es decir, como valores del más alto nivel en la ética de la investigación y del desarrollo científico-técnico; lo que se traduce en la sustentabilidad y sostenibilidad del desarrollo educativo y científico-técnico.

Educar en ciencia, tecnología e innovación desde un enfoque social, sostenible y sustentable, es una de nuestras próximas tareas y debemos asumirla como parte de nuestro proyecto educativo nacional.

Referencias

Ardoino, Jaques. (2005). *Complejidad y formación. Pensar la educación desde una mirada epistemológica.* Buenos Aires: FFYL/UBA/Novedades Educativas.

Asociación Internet MX. (2022). *18° Estudio sobre los Hábitos de Personas Usuarias de Internet en México 2022.* https://www.asociaciondeinternet.mx/estudios/habitos-de-internet

Banco Mundial. (2023a). Data Source, Indicadores del desarrollo mundial, Personas que usan Internet (% de la población). Disponible en https://datos.bancomundial.org/indicator/IT.NET.USER.ZS?end=2021&start=1960&view=chart

– (2023b). *Datos, Ciencia y tecnología.* Disponibles en: https://datos.bancomundial.org/tema/ciencia-y-tecnologia?view=chart

Basave, Jorge y Rivera, Miguel Ángel. (2009). *Globalización, conocimiento y desarrollo. Teoría y estrategias de desarrollo en el contexto del cambio mundial T. II.* UNAM/Porrúa.

Bell, Daniel. (1977). *Las contradicciones culturales del capitalismo.* Alianza Editorial.

–(2006). *El advenimiento de la sociedad post-industrial. Un intento de prognosis social.* Alianza Editorial.

Castells, Manuel. (2000). *La era de la información. Economía, sociedad y cultura. Vol. 1: La sociedad red. Vol.2: El poder de la identidad. Vol. 3: Fin de milenio.* Alianza Editorial.

Davat, Alejandro y Rodríguez, José de Jesús. (2009). *Globalización, conocimiento y desarrollo. La nueva economía global del conocimiento, estructura y problemas. T. I*. UNAM/Porrúa.

Diaz, Claudia. (2014). *Patentes académicas en México.* ANUIES.

Drucker, Peter F. (1969). *The Age of Discontinuity.* Harper & Row.

Fontaines-Ruiz y Martínez Rosas (2016). *Complejidad, Epistemología y Multirreferencialidad*. UTMACH.

Gobierno de México. (2019). Textos finales del Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC). 03 de junio de 2019. Capítulo 20. Derechos de propiedad intelectual, Sección A: Disposiciones Generales, Artículo 20.2: Objetivos. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/465802/20ESPDerechosdePropiedadIntelectual.pdf

González Rodríguez, Zoe. (2020). Cuantificación de la propiedad intelectual producida por los centros de investigación científica y tecnológica de carácter público en el estado de Querétaro. CONCYTEQ.

Habermas, J. (1982). *Conocimiento e Interés*. Editorial Taurus.

_____ (1986). *Ciencia y técnica como ideología.* (Trad. de M. Jiménez Redondo). Taurus.

INEGI. (2022). Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2020. Comunicado de prensa núm. 258/22, del 16 de mayo de 2022. https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2021/

Kreibich, Rolf. (1986). *Die Wissenschaftsgesellschaft von Galilei Zur High-Tech-Revolution*. Verlag: Suhrkamp.

Lane, Robert E. (1996). The Decline of Politics and Ideology in a Knowledgeable Society. *American Sociological Review 21*.

Machlup, Fritz. (1962). *The Production and Distribution of Knowledge in the United States:* Princeton University Press.

RICYT, OEI, UNESCO. (2022). *El estado de la ciencia, Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos/Interamericanos*. UNESCO. Disponible en: https://oei.int/oficinas/argentina/publicaciones/el-estado-de-la-ciencia-principales-indicadores-de-ciencia-y-iberoamericanos-interamericanos-2022

Simon, Nora y Alain Minc. (1980). *La información de la sociedad.* Fondo de Cultura Económica.

UNESCO. (2005). *Hacia las sociedades del conocimiento. Informe mundial de la UNESCO.* UNESCO. en http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001528/152894S.pdf

Sergio Jacinto Alejo-López

Las cuatro revoluciones industriales

Nunca en la historia, el hombre de calle y de campo, de familia ordinaria y numerosa, así como de trabajo común y corriente ya sea de obrero, campesino o artesano, experimentó un cambio en su forma de vida como en el siglo XIX. El crecimiento continuo de la economía, la gestión gubernamental y el papel de la sociedad, impactaron de manera decisiva en la renta per cápita. Gracias a la productividad y capacidad agrícola lograda, así como a las nuevas formas de propiedad de la tierra y a la naciente, pero ya mecanizada industria, con una organización especializada del trabajo, reduciendo los tiempos de producción de mercancías y gracias también a la generación y contribución de conocimientos más científicos, lo hicieron posible (Lucas, 2002).

La primera revolución industrial tuvo como peculiaridad esencial el paso de formas de trabajo agrícola y de pastoreo, que, sustentadas en el esfuerzo físico y la experiencia heredada de generación en generación, a una forma de trabajo sostenida en el intercambio comercial y la producción industrial, sustituyendo los principios de un conocimiento empírico a una ideología racional. Anteriormente todo se soportaba con la mano de obra, las empresas grandes se catalogaban aquellas que tuvieran mayor personal, maquinaría más moderna, en la actualidad, ahora es la que tenga mayor gestión del conocimiento en campos como la física, la química y la biología (Amézquita, 2018).

La segunda revolución industrial se desarrolla a la par de la primera guerra mundial, con el avión, el automóvil, el descubrimiento del zinc, el cobre, el níquel, y el manganeso para para la industria eléctrica, los fertilizantes químicos en

Ediciones educ@rnos

la agricultura, el cemento para el crecimiento acelerado de la urbanización y la demografía, sin olvidar la pila eléctrica y el gas para la iluminación los hogares (Sánchez, 2019).

Respecto a la tercera revolución industrial destacaríamos el comienzo de la utilización de energías renovables, como por ejemplo la energía eólica, solar o hidráulica; las innovaciones en los medios y procesos de almacenamiento de energía, como baterías recargables o pilas de hidrógeno; el desarrollo de la red eléctrica inteligente o red de distribución de energía. Esta revolución se vio impulsada por los grandes problemas en el cambio climático, originados por la actividad industrial, asentada en los combustibles fósiles, procurando un aumento de la financiación a la investigación de la ciencia y la tecnología (Rifkin, 2011).

La cuarta revolución industrial se caracteriza por la creación de nuevos modelos de negocio, integración de operaciones en tiempo real, educación de costos, economía de energía, sostenibilidad, disminución de errores, aumento de la productividad, optimización de la eficiencia (Calatayud y Katz, 2019). La diferencia entre la cuarta revolución industrial y las revoluciones industriales anteriores se hace patente en las principales tecnologías que caracterizan a esta última revolución industrial, como son el Internet de las Cosas (IoT) que se refiere al conjunto de sensores, dispositivos y redes que conectan objetos con sistemas de computación. También está la analítica de big data, que consiste en procesar bases de datos muy extensas, a fin de encontrar correlaciones de causalidad. La inteligencia artificial es otra tecnología que, mediante determinados algoritmos, permite que un ordenador aprenda rutinas sin estar necesariamente preprogramadas. La robótica es un sistema de aplicación de tecnologías digitales a procesos manuales repetitivos, permitiendo su automatización. Por último, tenemos la impresión 3D que permite la creación de objetos mediante la impresión sucesiva de capas de material que se adhieren para dar forma al objeto, según el diseño digital del mismo (Calatayud y Katz, 2019).

En resumen, la primera revolución industrial se caracterizó por la aplicación de máquinas vapor en la producción, la segunda utilizó la electricidad para posibilitar la producción de masa, la tercera empleó la informática para automatizar procesos y la cuarta se basa en tecno-

logías digitales convergentes, comenzando a erosionar los límites entre los espacios físicos y digitales, para así crear beneficios económicos importantes (Schwab, 2016).

Los efectos de la cuarta revolución industrial

Los efectos de la cuarta revolución industrial dependen en gran medida de los contextos específicos, como son la toma de decisiones de acuerdo con los recursos humanos, financieros y de conocimiento disponibles por las organizaciones, los gobiernos y las comunidades sociales. En general, la cuarta revolución industrial como todos los fenómenos creados por la dinámica social y tecnológica mundial, debiera procurar el aumento del nivel de ingresos de la población y mejorar su calidad de vida, este es el primer gran desafío para la humanidad. Sin embargo, depende mucho de aumentar la eficacia en la gestión de insumos y recursos; de mejorar la eficiencia en la gestión de resultados y satisfactores, así como de los costos y los precios de los bienes y servicios con un enfoque de respeto a los derechos humanos y la sustentabilidad del planeta (Flores, 2020).

El Foro Económico Mundial (FEM), considera algunos factores clave para obtener mejores resultados de la industria 4.0 en el mundo, destacando, en primer lugar, la ética e identidad en tópicos como la inteligencia artificial, los valores, el arte y la cultura, las ciencias del comportamiento, el marco legal y de justicia, principalmente. De igual forma debiera permitirse marcos de confianza, responsabilidad y valoración mediante la gobernanza ágil de las tecnologías en beneficio de tecnologías para el bienestar general de la población. Sin embargo, uno de los retos sociales más relevantes por atender es la inequidad al examinar el impacto en la introducción de innovaciones tecnológicas, la formación especializada, la generación y desaparición de empleos (Flores, 2020).

Añade el FEM, que también implica un desafío de la industria 4.0, la disrupción en los negocios, con la aplicación de modelos de comunicación digital para la generación de ganancias y afortunadamente generando dinámicas de creación de nuevos empleos, pero

igualmente de la desaparición de muchos otros, por las capacidades requeridas. Asimismo, hay factores muy delicados que hay que reflexionar y recapacitar por su elevado riego, como la seguridad de las naciones con tecnología de guerra y armamentos, pero alentar factores amigables y esperanzadores como las sinergias entre innovación y productividad, incluyendo el emprendimiento. Un desafío importante, es contemplar la colaboración entre disciplinas que ha generado nuevas fronteras de conocimiento, teniendo como base la capacidad de digitalización (Flores, 2020).

En esta dimensión, la cuarta revolución industrial con el uso de nuevas tecnologías, la automatización y la manufactura avanzada para el impulso de la competitividad internacional, presenta muchas ventajas como la mejora i de la productividad por la optimización de los procesos que se llevan a cabo en las organizaciones. Al mismo tiempo, proporciona más seguridad al introducir máquinas o robots en entornos peligrosos. Tampoco se debe olvidar el beneficio de realizar una gestión eficiente de los datos y definir personas autorizadas para su acceso y poder mejorar la tomade decisiones, aumentando así competitividad empresarial (Quintero, 2022). Para tener una idea sobre el impacto en el incremento exponencial de estas tecnologías, los parámetros para medir la inteligencia artificial pasaron de solo 255 en 1955 a 1,6 billones en 2022. A medida que se extiende su uso, la inteligencia artificial, ofrece a los países en desarrollo nuevas oportunidades con sus aplicaciones en las áreas de educación, transporte, sostenibilidad y muchas otras (World Bank, 2024).

Sin embargo, la Industria 4.0, del mismo modo, tiene muchas desventajas en algunos países y sectores, como la escasez de talento esencial para aplicar eficientemente las nuevas tecnologías. También se puede identificar, la desactualización de muchas empresas, por la velocidad de los cambios tecnológicos y en el aspecto de las poblaciones, los avances industriales pueden incrementar la desigualdad social. En cuanto a la sustentabilidad y limpieza del ambiente, al ir creando nuevas versiones de productos por su obsolescencia, también hay un incremento de residuos, propiciando una inmensa contaminación (Quintero (2022).

La digitalización en el mundo

El Banco Mundial en el informe "Digital Progress and Trends Report 2023" valora los progresos de la digitalización en todo el mundo, así como la producción y el uso de tecnologías digitales, lo que abarca desde los empleos digitales, las exportaciones de servicios digitales y el desarrollo de aplicaciones hasta el manejo, la asequibilidad y la calidad de internet, entre otros temas. En una comparación de datos acerca de la situación que guarda la digitalización tecnológica en países de ingreso alto y los de ingreso bajo, según este informe menciona sobre el uso de internet y la expansión de la brecha digital entre los países de ingreso alto y los de ingreso 2022, más del 90% de los habitantes de los países ricos estaban conectados, mientras que solamente el 26% en los países pobres. En referencia a las brechas en el tráfico de internet per cápita entre los distintos grupos de ingreso al igual que el uso del internet, aumentó durante la pandemia de COVID-19. Por ejemplo, en 2022, el tráfico medio de banda ancha móvil per cápita en los países ricos era 20 veces más alto y el de banda ancha fija, 1700 veces más alto que en las naciones de ingresos bajos. Así también en las descargas de aplicaciones en todos los sectores socioeconómicos aumentaron a partir del confinamiento por la COVID-19, por ejemplo, algunas aplicaciones empresariales aumentaron un 60% en los tres meses posteriores al brote de la pandemia (World Bank, 2024).

También se observa, según el Banco Mundial, que la proporción de empresas que invirtieron en 2022 en soluciones digitales se cuadruplicó en la región Asiática Oriental y del Pacífico, en cambio en otras regiones las inversiones promedio fueron del 30% de las empresas solamente. En relación con el desarrollo de *software y* la consultoría tecnológica, ascendió dos veces más rápido que la economía mundial y creó empleos a una tasa seis veces mayor que dicha economía mundial, concentrada principalmente en Estados Unidos, China, India, Japón, Alemania y Reino Unido representaron el 70% del valor agregado mundial de estos servicios. Lo mismo sucede con las exportaciones de servicios de tecnologías de la información que abarcan desde el desarrollo de software hasta la computación en la nube y el procesamiento

de datos. Los países en desarrollo de la región de Asia oriental y el Pacífico, como es el caso de China, incrementaron dichas exportaciones más de 17 veces entre 2005 y 2022 (World Bank, 2024).

Entre 2020 y 2022, las empresas digitales de los países de ingreso bajo y mediano recibieron financiamiento de capital de riesgo, por lo que el mercado de las aplicaciones se está volviendo cada vez más local. Así nos damos cuenta de que los puntos de intercambio de internet (IXP) que facilitan la conexión al tráfico global de internet, además son cruciales para la computación en la nube, el análisis de grandes volúmenes de datos y la inteligencia artificial, en 2022, los países de ingreso alto representaban alrededor del 60% de los IXP públicos a nivel mundial y casi tres cuartas partes de los centros de datos conectados. En lo que concierne a los IXP, están muy concentrados en los países de ingreso alto, estimándose que 850 millones de personas en el mundo, aún carecen de una identificación oficial y otros 220 millones no tienen un registro digital de su identidad. Para 2021, casi todos los adultos de los países ricos adoptaron los pagos digitales, mientras que solo el 37%, en los países de ingreso bajo (World Bank, 2024).

Los desafíos de la competitividad y digitalización en México

El INEGI (2023) señala que en México existen 5 millones 541,076 negocios, de los cuales el 98.7% son micro, pequeñas y medianas empresas (MiPymes) de acuerdo con el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE, 2023) y son un motor importante para el país. En el caso de las pequeñas y medianas empresas representan el motor económico del país, con casi 4.1 millones de establecimientos, de acuerdo con el INEGI (2019) aportan un 42% del Producto Interno Bruto (PIB) y generan el 78% del empleo nacional. Para tener una idea más clara, del total de ingresos que generan las empresas y los establecimientos en el país, 14.2% fueron producidos por los micronegocios, 16.1% por los pequeños, 21.9% por los medianos y 47.8% por los grandes negocios (INEGI, 2020).

La pandemia por COVID-19 fue un contexto determinante y empujó a muchas MiPymes a tener que aprender a tomar decisiones para

desarrollar aplicaciones en línea, como son las ventas y las compras por internet, videoconferencias y los servicios en la nube, por mencionar la gran oferta de medios en el mundo digital. En cuanto al uso de tecnologías, se encontró que 23.1% de los establecimientos contaron con equipo de cómputo para realizar sus actividades, en tanto que el 20.4% dispuso con servicio de Internet. De los establecimientos micro, 19.8% reportaron contar con equipo de cómputo y 17.2% señalaron haber usado Internet para desarrollar sus actividades; de los negocios pequeños, 84.6% contaron con equipo de cómputo y 81.2% usaron Internet; y en los negocios medianos, 95.6% reportó contar con equipo de cómputo y 91.9% hicieron uso de Internet (INEGI, 2020).

México en relación con la difusión de las tecnologías digitales en el entorno social y en la producción de bienes y servicios, está muy por debajo que otros países, debido a que las empresas no innovan de la misma manera, ni cuentan con infraestructuras y consensos sociales para generar confianza e información para que las personas y las organizaciones gestionen los riesgos de seguridad y privacidad digital (Casalet, 2020). Así lo muestran datos de competitividad y digitalización proporcionados por distintas instituciones, como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la posición de México respecto a otros países de América Latina como Chile, Uruguay y países de la OCDE en Europa, evidencia nuestro déficit en la mayor parte de los indicadores manejados como son los índices mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 9. *México: Clasificación en términos de competitividad y digitalización. México.*

	México. Posición en América Latina	Índice	Primer país. América Latina	Primer país. OCDE
Índice de Desarrollo TIC (UIT) – 2017	11	4,9	Uruguay	Islandia
Índice de preparación de redes (WEF) – 2016	8	4	Chile	Finlandia
Índice de Desarrollo de Gobierno Electrónico (UN) – 2018	8	0,7	Uruguay	Dinamarca

Índice de Digitalización (TAS) – 2018	9	45,8	Chile	Suiza
Índice de Desarrollo del Ecosistema Digital (CAF) - 2018	8	50,2	Chile	Noruega
Índice de comercio electrónico (UNCTAD) – 2016	6	49,1	Uruguay	Luxemburgo
Índice de Economía del Conocimiento (Banco Mundial) – 2012	6	5,6	Chile	Suecia
Índice de Innovación Global (Cornell-WIPO) – 2017	3	35,8	Chile	Suiza
Índice de Desarrollo de Banda Ancha (BID) – 2014	8	4,7	Chile	Luxemburgo
Índice de Facilidad para los negocios (Banco Mundial) -2018	1	72,3	México	Nueva Zelanda
Índice de Rendimiento Logístico (Banco Mundial) – 2018	4	2,9	Chile	Alemania
Ranking de Competitividad Mundial (IMD) – 2018	2	63,7	Chile	EE. UU.

Fuente: Análisis basado en datos de UIT, WEF, UN, TAS, CAF, UNCTAD, Banco Mundial, WIPO y BID (Calatayud y Katz, 2019).

Desde la perspectiva de la adopción de la tecnología de la información, algunos indicadores presentan datos no tan halagadores en donde México está a la zaga de otros países latinoamericanos, por ejemplo, con datos del Banco Mundial (2020) en comparación con países como Brasil un 1,21%, Argentina un 0,46 y en nuestro país se invierte mucho menos en Investigación y Desarrollo 0,30% de su PIB. En este sentido como lo comenta Vergara (2023), resulta desalentador que en México no sea considerada a la innovación tecnológica como uno

de los factores imprescindibles para el crecimiento en el largo plazo, ya que está en relación directa con el financiamiento, la inversión y la formación de recursos humanos de alto nivel.

Conclusiones y reflexiones

La cuarta revolución industrial está aquí, sobre todo después de pasar la pandemia por el COVID-19, cada vez experimentamos y a menudo sin darnos cuenta, que la intervención humana en las cosas rutinarias y de la cotidianeidad, se va reduciendo, cuando compramos en el supermercado, mientras nos transportamos, nos comunicamos o incluso cuando descansamos, pagamos nuestros impuestos o vamos al gimnasio. La comunicación mediante los dispositivos digitales ha creado un mundo virtual de tal modo que no sabemos dónde están los límites con el mundo real.

La automatización se extiende a pasos agigantados y con los brazos extendidos en todo el planeta, por ejemplo, con mayor frecuencia consumimos productos con una nueva imagen y empaque, nos damos cuenta de que hasta la basura que desechamos está cambiando. Algunos se resisten a la dinámica de las tecnologías digitales, otros muchos se entregan sin condición, pero al final del día queramos o no, todos los actores sociales estamos involucrados de manera pasiva o activa en el proceso de transformación digital, dependiendo de nuestros niveles de capital social, económico, y cultural, que nos permita sacar la mayos utilidad y beneficio a las oportunidades que esta forma de vida nos promete, porque de otra manera estaremos destinados a la miseria y exclusión.

Por su parte, la capacidad de adaptación de las empresas, sobre todo la pequeñas y medianas en nuestro país, enfrentan desafíos cada vez más complejos, como es la competitividad de los mercados globales y las limitadas posibilidades de participación en comparación con las grandes empresas, van al día sobreviviendo con escasos recursos financieros, humanos y de gestión necesarios para desafiar a la transformación digital. Más que nunca, se demanda de un apoyo congruente del gobierno federal y de los estados, con políticas públicas

asertivas. También de atender y resolver el tema de la violencia que se padece en todo el territorio nacional, porque desincentiva el crecimiento de los negocios, crea inestabilidad social y limita las condiciones propicias para la inversión, además, retrae la demanda y fortalece el mercado informal, al mismo tiempo de vivir experiencias de tensión y miedo de parte de las familias.

Existe un gran número de empresas pequeñas y medianas con importantes niveles de desconocimiento en la implementación y desarrollo de tecnologías digitales, pero también es de reconocer la falta de interés y de capacitación del personal para incorporarse en algunas dinámicas de la cuarta revolución industrial. Es evidente que los bajos costos de mano de obra se oponen a los beneficios económicos creados por la adopción de tecnologías digitales, más aún por falta de priorización por parte de los niveles de autoridad y la carencia de personal calificado, aunado a que muchos trabajadores muestran una resistencia cultural hacia las tecnologías digitales, ocasionada por los factores generacionales y el temor aquedar sin empleo.

Referencias

Amézquita, P. R. (2018). *La cuarta revolución industrial y algunas implicaciones en las escuelas de negocios.* Palermo Business Review, 18, pp. 185-200. https://www.palermo.edu/economicas/cbrs/pdf/pbr18/PBR_18_10.pdf

Banco Mundial. (2020). *Gasto en investigación y desarrollo.* (%del PIB). https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS

Calatayud, A. y Katz, R. (2019). *Cadena de suministro 4.0: mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina*: BID.

Casalet, M. (2020). El futuro incierto de la digitalización en México: ¿Podremos despegar? *Economía teoría y práctica*. Nueva Época, Número especial, pp. 45-68.

Flores, D. H. (2020). *Agroindustria 4.0.* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, pp. 1-24.

INEGI. (2019). *INEGI Presenta resultados de la Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las micro, pequeñas y*

medianas empresas (ENAPROCE) 2018. Comunicado de prensa núm. 448/19 (2 de septiembre de 2019).

– (2020). *Estadísticas a propósito del día de las micro, pequeñas y medianas empresas (27 de junio) datos nacionales.* Comunicado de prensa núm. 285/20

– (2023). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2023*.

Lucas, R. (2002). Lectures on Economic Growth. Harvard Univ Pr.

Quintero, J. A. (2022). *Competencias digitales: Un campo de acción.* Corporación Universitaria Iberoamericana, pp. 1-9. https://www.studocu.com/co/document/corporacion-universitaria-iberoamericana/electiva-2/actividad-2-competencias-digitales-un-campo-de-accion/39870376

Rifkin, J. (2011). *La Tercera Revolución Industrial.* Paidós.

Sánchez, I. (2019). *La cuarta revolución industrial en México.* Observatorio de desarrollo. Temas críticos, 8(24), pp. 58-64. https://estudiosdeldesarrollo.mx/observatoriodeldesarrollo/wp-content/uploads/2021/02/OD245.pdf

Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial.* Editorial Debate.

Vergara, D. M. (2023). Política tecnológica. Una aproximación de sus efectos en las empresas mexicanas. *Revista Pymes, Innovación y Desarrollo*, 11(3), pp. 25-38.

World Bank. (2024). *Digital Progress and Trends Report 2023*. Washington, DC: World Bank. doi:10.1596/978-1-4648-2049-6.

Enfoque STEM ¿para qué enseñar ciencias de otra manera?

Ignacio III Arana García, Daniela Patricia Martínez Hernández, Gabriela Vidal Ortiz y Carolina Hernández Mata

Introducción: ciencia ¿para qué?

El aprendizaje de la ciencia y la alfabetización científica que viene aparejada es importante porque permite a las personas comprender el mundo que les rodea a través de la aplicación del pensamiento crítico y la razón basada en la evidencia científica.

La sociedad moderna es cada vez más compleja y tecnológica, lo que hace necesario que las personas cuenten con habilidades para evaluar y analizar información científica y tecnológica para tomar decisiones informadas.

Además, la alfabetización científica ayuda a las personas a comprender la importancia de la ciencia y la tecnología en su vida diaria, fomentando una cultura de respeto y valoración por los saberes científicos y sus aplicaciones en la vida cotidiana. También es crucial para el desarrollo de la investigación científica y la innovación tecnológica, y es esencial para el progreso económico y social de los países en el mundo actual.

La perspectiva latina de la formación científica

Es de lamentar que en los países latinos se percibe una falta de aprecio por la importancia de las habilidades que se derivan de dicha formación, lo cual se evidencia en una revisión rápida de los planes de estudio y los horarios destinados a esta área de aprendizaje, pues se priman los tiempos para las asignaturas operativas como español y matemáticas, dejando en segundo o tercer lugar a la asignatura relacionada con el mundo natural.

Somos un producto cultural herencia del pensamiento ibérico, una amalgama de formas de hacer, pensar, hablar y conducirse, matizadas con las formas de hacer política, religión y cultura que están

enraizadas en nuestro ADN cultural, por así decirlo. Dicha idiosincrasia permea en todas las áreas de nuestra vida diaria, no exceptuando la importancia que se le da al saber científico, para muestra de ello, analícese que, desde hace más de un siglo, el célebre escritor español Miguel de Unamuno expresó gran parte de la visión hispanoparlante sobre el parasitismo científico en relación con los avances tecnológicos de las potencias europeas y norteamericanas. Esta ideología se refleja en las siguientes líneas:

"¿Qué nada hemos inventado? ¿Y eso, que le hace? Así nos hemos ahorrado el ahínco de tener que inventar y nos queda más lozano y fresco el espíritu. Inventen, pues, ellos y nosotros nos aprovecharemos de sus invenciones, pues confío y espero que estarás convencido como yo lo estoy, de que la luz eléctrica alumbra aquí también como allá donde se inventó" (Sánchez, 1944, p. 58).

Como pueblo que históricamente fue esclavizado y expoliado de sus recursos naturales y usado como mano de obra, las potencias capitalistas podrían no encontrar en el mejor favor de sus intereses la modernización y emancipación cultural de los países invadidos, piénsese en la pléyade de países en África, en los miles de habitantes de la India, en nuestra gran cantidad de recursos materiales de América latina y se podrá hacer una idea certera de lo que se plantea: el saber tecnológico y científico es una amenaza para el explotador pues lo vuelve innecesario y eventualmente sobrepasado. Será pues necesario que nuestros dirigentes y autoridades educativas entiendan y aquilaten en toda su magnitud el papel social que juega la formación académica en ciencias, ya que ellas desempeñan un rol fundamental en la vida diaria, puesto que permite entender y optimizar el mundo que nos rodea. Desde la medicina hasta la tecnología, pasando por la alimentación y la energía, la ciencia influye en todos los aspectos de nuestra vida cotidiana. Sin embargo, no solo en el país, sino en muchos países latinos existe un bajo interés en su desarrollo, lo que limita el progreso y la competitividad en diversos ámbitos.

Esta situación es preocupante, ya que el desarrollo científico y tecnológico es un factor clave para el crecimiento económico y el bienestar social. A través de la investigación y la innovación, se pueden

encontrar soluciones a los desafíos más importantes que enfrenta la sociedad actual, como la lucha contra enfermedades, la mitigación del cambio climático, la autosuficiencia alimentaria y el acceso a recursos y servicios básicos.

Por otro lado, el poco interés en el desarrollo científico en países como el nuestro también puede estar relacionado con la falta de inversión y apoyo por parte de los gobiernos y el sector privado, la escasez de recursos y la brecha de género en este ámbito.

En este sentido, es importante fomentar una cultura científica desde edades tempranas, promover la educación en ciencias y tecnología, y apoyar la investigación y la innovación como motores del desarrollo económico y social. No obstante, no todo está perdido, ya los gobiernos empiezan a girar la cabeza hacia el fenómeno de la educación potenciada por las ciencias y sus logros económicos.

Un esfuerzo de este tipo es no solo una necesidad, sino también una oportunidad para el avance tecnológico en las economías de la región. El progreso técnico en las tecnologías digitales, la nanotecnología y la bioeconomía permitiría combinar un sendero de crecimiento bajo en carbono con el desarrollo de sectores que usan y difunden intensamente el conocimiento. La transformación de los patrones de producción y consumo solo será viable en un contexto en que sea funcional al cierre de brechas de ingreso y capacidades tecnológicas entre las economías avanzadas y las economías en desarrollo (CEPAL, 2016, p. 14).

La seudociencia y la enseñanza en educación básica

Las seudociencias son teorías o prácticas que se presentan como científicas pero que carecen de fundamento empírico y rigurosidad en su método de obtención y comprobación. Con frecuencia, estas prácticas son promovidas por individuos o grupos que buscan lucrarse o ganar poder mediante la explotación de la credulidad o la ignorancia de las personas. La pseudociencia es un problema que afecta a países de América Latina y esto ocurre principalmente por una falta de instrucción adecuada en esta región.

Dicha carencia de una formación rigurosa y la difusión de ideas pseudocientíficas lleva a mucha gente a creer en teorías sin fundamento las cuales pueden tener consecuencias graves tanto en la salud a nivel público como en su propio bienestar.

En la parte sur del continente, la educación científica frecuentemente se enfoca en la memorización de conceptos teóricos en lugar de desarrollar habilidades como el pensamiento crítico, y se centra la aplicación pragmática sin reflexión del método científico o símiles y, lo que es más preocupante, la gran difusión de ideas de pseudocientíficas se debe primordialmente a la poca regulación y escasa fiscalización de servicios y productos en el mercado a gran escala.

Otro gran componente que contribuye a la propagación de la pseudociencia es la falta de acceso a información confiable y científica, ya que muchas veces los *journals* de investigación validada por pares están en inglés o en páginas que cobran el acceso a las mismas esto significa que hay una brecha por la cual muchas personas no tienen acceso a información científica confiable.

La sinergia de estos y otros factores, aunados a la escasa preparación didáctica del cuerpo docente en general, especialmente en las asignaturas relacionadas con las áreas de ciencias, instruyen a generaciones de alumnos con una formación deficiente en los rubros de ciencia, tecnología y matemáticas, mismos que fueron operados en gran medida con una falta de rigor en el método.

Esta falta en la rigurosidad de la enseñanza y la formación de la habilitación científica expone a los sujetos a ideas falsas y bulos potencialmente peligroso. Por ejemplo, en algunos países de América Latina las actividades relacionadas con el ámbito médico denominadas terapias alternativas no están reguladas, lo cual implica que no existe una garantía de que los servicios y los resultados que ofrecen para la salud de las masas serán efectivos y seguros y esto no solo en el ámbito macro, sino que hasta en los más humildes hogares.

En algunos países, casi todo el mundo cree en la astrología y la adivinación, incluyendo los líderes gubernamentales. Pero eso no se les ha inculcado sólo a través de la religión; deriva de la cultura que los rodea, en la que todo el mundo se siente cómodo con estas

prácticas y se encuentran testimonios que lo afirman en todas partes (Sagan, 1995, p. 28).

Se podrá recordar a las venerables abuelas -matriarcas familiares sempiternas con opiniones de alto valor- con algún consejo sobre un tratamiento contra el cáncer para curarse con el uso de piedras o amuletos, el comer ajos cuando se es picado por un escorpión, la succión oral del veneno de un ofidio, poner leche tibia en una infección del oído -creando con ello un caldo de cultivo ideal para las bacterias- el ahumado ótico con periódico, los procesos antivacunas y otras linduras del saber popular que si bien poseen las mejores intenciones en su génesis, son derivadas de falacias argumentativas que pueden ser potencialmente perjudiciales.

Es de primordial importancia destacar que la pseudociencia tiene ramificaciones que impactan no solamente en la calidad de vida de las personas y su bienestar sino también en el crecimiento económico de un país, el invertir en pseudociencias puede desviar recursos y apoyos que pudieran ser utilizados para la investigación y el desarrollo de productos y tecnologías de verdadero beneficio para el público en general como pueden ser un uso inteligente del agua, mejoras en su salud e inicios de iniciativas de autosustentabilidad alimentaria y energética.

En resumen, la pseudociencia en América Latina es un problema que está directamente ligado a una pobre educación científica y puede evitar el aumento de la calidad de vida y el desarrollo de los pueblos, pero está ligada íntimamente a nuestra idiosincrasia y a nuestros deseos humanos más profundos.

La pseudociencia colma necesidades emocionales poderosas que la ciencia suele dejar insatisfechas. Proporciona fantasías sobre poderes personales que nos faltan y anhelamos, como los que se atribuyen a los superhéroes de los cómics hoy en día y, anteriormente, a los dioses. En algunas de sus manifestaciones ofrece una satisfacción del hambre espiritual, la curación de las enfermedades, la promesa de que la muerte no es el fin. Nos confirma nuestra centralidad e importancia cósmica. Asegura que estamos conectados, vinculados, al universo (Sagan, 1995, p. 27).

La Formación STEM ¿Qué es exactamente?

Es probable que los lectores otoñales recuerden el proceso didáctico que se encontraba normalizado en la clase de asignaturas como ciencias naturales e historia:

> -Profesor: Niños, saquen su libro de ciencias naturales en la página 38, subrayen lo más importante de la lección y transcríbanlo a su cuaderno, después van a hacer 10 preguntas con esa información y se las van a hacer entre ustedes, de esas preguntas sacaremos el examen. ¿esta entendido?
> -Alumnos: Si, maestrooo.

Esta hipotética situación no ha cambiado mucho, pues, tras algunas décadas, esta dinámica de aprendizaje se sigue dando, tanto entre profesores veteranos como entre maestros noveles, situación que muestra tanto desinterés en la materia como desconocimiento de modelos y estrategias de enseñanza significativas en el campo de la ciencia como pudieran ser las salidas de campo, los ejercicios de modelización, la experimentación, entre otras tantas.

La formación potenciada con STEM (acrónimo que une los anglicismos Science, Technology, Engineering, Math) se aleja del paradigma clásico de aprendizaje en el cual solamente se privilegia el saber enunciativo, el saber conceptual que se plasma en un examen que se supone objetivo, o se recita frente a un grupo de docentes con gestos agrios y severos pues el conocimiento verdaderamente efectivo no es aquel que está escrito de manera inamovible sino el que se utiliza para resolver de manera innovadora creativa y útil problemas sociales tanto de antaño como del presente y el futuro.

La educación en ciencias apoyada en el método STEM implica una ruptura con el saber magisterial clásico y promueve una transversalidad necesaria entre diversas disciplinas que genera habilidades relacionadas con el uso de las tecnologías para el aprendizaje y el conocimiento (TAC), el aprendizaje por proyectos donde se aprende haciendo, junto con los movimientos educativos relacionados con la

gamificación y el making para la resolución de problemas a la vez que se utilizan habilidades suaves como la tolerancia, la escucha asertiva, la comunicación y el trabajo en equipo, entre otros habilidades importantes para trabajar en aulas.

Es conveniente intentar emular a personas que demuestran niveles de logros superiores a los personales en algunas áreas, entonces y de manera análoga, no es mala idea empezar a formar en una educación científica, que en los países de primer mundo, se tienen como prioridad para preparar a los sujetos a fin de que puedan desenvolverse en una sociedad líquida con un enfoque integrador global, productivo y humano.

Podemos darnos cuenta de que implica un conocimiento científico comprensivo y enunciativo pero también obliga a la movilización del saber y la creación de modelos tecnológicos en los que se vea aplicado dicho conocimiento para posteriormente resolver problemas de la cotidianidad utilizando dichos saberes, todo esto aderezado con los cálculos, mediciones y estimaciones derivados de las matemáticas, así pues el término STEM en la enseñanza de las ciencias combina una gran cantidad de saberes propios de nuestra era, desde el conocimiento básico de la función celular, la concepción atómica de la materia, las galaxias, las propiedades físicas de la materia, el pensamiento computacional y los algoritmos de las inteligencias artificiales, la realidad aumentada (RA), la realidad virtual (RA), el pensamiento lateral, las habilidades manuales, entre muchas otras, con la finalidad de desarrollar y potenciar las habilidades de los sujetos.

Como especialistas en didáctica es conveniente entender que la formación potenciada con el modelo STEM tiene un alto potencial disruptivo y puede regenerar el tejido social -tan dañado en México- debido a que está ligada a actividades que tienden a integrar a los sujetos, como por ejemplo la gamificación, la ludificación, el aprendizaje colaborativo, el aprendizaje basado en problemas y /o en proyectos y, aún si parece extraño, hasta el análisis de casos.

Una forma particular de entender el concepto STEM -que no STEAM- es la fusión de aristas cognitivas que brindan a los sujetos una

habilidad operativa y resolutiva de problemas con alto nivel de comprensión de la misma, dicho en otras palabras, es entonces la ciencia o science que brinda al sujeto el saber conceptual requerido para entender cómo funciona un fenómeno de la naturaleza, la tecnología o technology en la que el menor aplica dichos saberes en un modelo o representación que pudiera ser un juego, para más tarde mediante el proceso de ingeniería o engineering, crear ingenios, aparatos o modelos que resuelvan pequeños problemas de la cotidianeidad, todo ello tamizado constantemente con los procesos de medición, orden, lógica y proporción que brindan las matemáticas o math.

A pesar de lo prometedor que pudiese parecer STEM, no se debe olvidar que la educación humanista y la formación en ciencias son complementarias y ambas son necesarias para el desarrollo integral de los individuos y de la sociedad. La educación humanista fomenta el pensamiento social, la reflexión ética y moral, la empatía y la solidaridad, mientras que la formación en STEM desarrolla habilidades técnicas y científicas, como la capacidad de observar, analizar, experimentar y diseñar soluciones a problemas complejos. La combinación de ambas perspectivas en la formación de los sujetos no solo les brinda herramientas para resolver problemas, sino que también les permite comprender su papel en el mundo y actuar de manera responsable y consciente ante los desafíos globales.

La evolución y la adopción de nuevas formas de pensamiento no se gestan por si solas de la nada, un sentimiento generalizado en los movimientos sociales es que “las instituciones existentes han cesado de satisfacer adecuadamente los problemas planteados por el medio ambiente que han contribuido en parte a crear” (Kuhn, 1971, p. 149), y lo mismo pasa en la creación del conocimiento cuando no sirve más que para ser acumulativo y no resuelve las complejidades sociales, ahí por qué el modelo STEM y el aspecto humano están mezclándose con más auge en nuestra época.

Entonces la obvia complementariedad de estos dos enfoques se hace evidente al considerar la naturaleza de los desafíos que enfrenta nuestra sociedad liquida. El desarrollo y la alfabetización en lo tecnológico y científico son menester para enfrentar los desafíos globales

no solo en áreas como la salud y el incremento en la esperanza de vida, el medio ambiente y un uso responsable y racional de sus recursos sino hasta en tópicos tan -en apariencia- alejados del tema como lo es la seguridad. Sin embargo, estos desafíos no pueden ser abordados de manera atomizada y balcánica, sino a través de una comprensión integral de las interacciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, mediante paradigmas de explicación del mundo como lo es el pensamiento complejo. Por ello, es necesario complementar la formación STEM con una educación humanista que permita a los individuos reflexionar críticamente sobre el impacto social de la ciencia y la tecnología, teniendo en claro que "el pensamiento complejo no resuelve, en sí mismo, los problemas, pero constituye una ayuda para la estrategia que puede resolverlos" (Saavedra, 2014, p. 38).

STEM con perspectiva de género ¿existe tal cosa?

Además de formar a los estudiantes para desarrollarse profesionalmente en campos relacionados con las ciencias en general, la educación STEM también tiene como objetivo aumentar la participación y la diversidad en estas áreas, ya que tradicionalmente han sido dominadas por hombres y personas de ciertas etnias. De esta manera, una de las metas actuales de la educación STEM se centra en la búsqueda de fomentar una sociedad más equitativa y justa en términos de oportunidades y acceso a la educación y empleo en campos relacionados con la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas.

Si bien no existe una diferencia entre coeficiente intelectual ni brechas en los resultados obtenidos de pruebas estandarizadas que sugieran siquiera mayor capacidad entre mujeres y hombres, los datos de la OCDE que apuntan a una situación costumbrista y social nos dirigen en otra dirección, "la proporción de chicos respecto a las chicas que querían seguir una carrera de ingeniería o informática es grande en la mayoría de los países de la OCDE: de media había casi cuatro veces más chicos que chicas" (OCDE, 2012, p. 2) según refiere el informe de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo económico (OCDE) en su informe PISA in Focus.

Figura 1. *La brecha de carreras relacionadas con STEM y TAC por sexo.*

Nota: Se aprecia que el promedio de chicas mexicanas que planean acceder a una carrera STEM, no llega ni al promedio estipulado por la OCDE. Fuente: Informe PISA in Focus (2012).

Es probable que esta situación sea por una cuestión costumbrista ya que si se limita la ventana de visión a los últimos años, han existido ya iniciativas de formación STEM en México, por ejemplo, en los años 2020 y 2021, se dio el lanzamiento del "Programa piloto hibrido" en el estado de Coahuila, el webinar UNESCO-OCDE denominado "Estereotipos de género y educación para un mundo igualitario en el mundo post COVID", y "NiñaSTEM Pueden", un talk show que adquirió cierto prestigio en el sitio web Garage Project Hub, aunado a lo anterior, se generó el foro "Nosotras: Innovación e inclusión por una agenda STEAM" vía la OCDE y Autoridad Educativa Federal de la Ciudad de México (AEFCM) en la ciudad de México; además se realizaron otros intentos de capacitación y concientización como "Mundo Maker ¡hagamos ingeniería!", la iniciativa "NiñaSTEM Pueden en el aula", "NiñaSTEM Pueden en las comunidades", hasta la más reciente: "Niñas en STEM como objetivo de política en América Latina y el Caribe: ¿Cómo pueden colaborar los sectores público y privado para mejorar los resultados? Lecciones aprendidas de la iniciativa NiñaSTEM en México" entre otras iniciativas.

Tal vez al lector le puede llegar a parecer que dichas propuestas están centradas en el sexo femenino, pues bien, dicha percepción no está equivocada, pues la educación inicial en los hogares y la idiosin-

crasia del país desarrolla muchas veces estereotipos de género, los cuales influyen en las decisiones que las mexicanas toman sobre su futuro académico y profesional, en particular en el área de las ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, lo cual a largo plazo tiende a disminuir y a afectar de maneras negativas el potencial en México. Por ello y con fines de motivación y difusión, es indispensable la inclusión del sexo femenino en las actividades y profesiones vinculadas con STEM debido a los futuros cambios en el mercado laboral, los cuales favorecerán las carreras ligadas a estas áreas.

Entre las razones utilizadas para explicar la brecha salarial entre mujeres y hombres están los estereotipos de género, las convenciones sociales o la discriminación hacia la mujer, aunque uno de los factores fundamentales es la diferencia en la elección de campos de estudio que conducen a carreras profesionales que tienen asociados salarios diferentes. Los hombres se inclinan más por el estudio de carreras relacionadas con los campos de ciencias e ingenierías (STEM), mientras que una mayor proporción de mujeres se matricula en carreras relacionadas con la educación, humanidades, idiomas o arte, las cuales tienen asociados salarios inferiores. No obstante, incluso trabajando en los mismos campos profesionales, los salarios de las mujeres son inferiores. Otros motivos están vinculados al compromiso con la conciliación familiar y laboral. Es más probable que las mujeres busquen trayectorias menos competitivas y una mayor flexibilidad en el trabajo, lo que conlleva unos ingresos inferiores a los de los hombres con el mismo nivel educativo (OECD, 2019, s.p.).

La didáctica del enfoque STEM ¿Cómo aplicarla en las escuelas?

En primer lugar, es esencial abrazar la idea de que la ciencia no se aprende efectivamente a través de la memorización de conceptos, sino a través de su aplicación práctica. Sin embargo, esto lleva a la triste realidad de que, desafortunadamente, la formación en STEM no se aborda a suficiencia debido a que se le dedica más tiempo a las asignaturas consideradas operativas, como matemáticas y español, las cuales preparan a los estudiantes para desempeñarse mejor como empleados.

Una recomendación general para la formación STEM es el emplear estrategias que permitan al estudiante aprender mediante la experimentación y aplicación práctica de la ciencia, en lugar de limitarse a leer y memorizar conceptos. Esto implica utilizar métodos de aprendizaje activos, experimentales y de modelado. Sin embargo, y a pesar del gremio magisterial, la mayoría de los docentes no están capacitados para enseñar ciencias y, en muchos casos, la infraestructura y los recursos materiales de nuestras escuelas de educación básica no son adecuados para llevar a cabo estas iniciativas. No obstante, con la suficiente voluntad y algo de apoyo por parte de padres y autoridades locales, es posible llevar a cabo esta tarea.

Como docentes, es sabido que no existe una receta única que aplique a todos los sujetos, en todos los entornos y con los mismos resultados, sin embargo, es posible obtener algunas generalidades que permitirán al docente desarrollar habilidades derivadas de la alfabetización científica que vienen aparejadas con el modelo STEM.

En cuanto a actividades permanentes, el aprendizaje empírico ha demostrado que el organizar actividades simples, de bajo costo como los huertos escolares, similares a las escuelas mexicanas rurales ayudan a dicha formación, asimismo, los proyectos llamados ferias de ciencias, tan comunes en el vecino país del norte, son espacios para que las actividades de modelización se pongan en práctica, estimulando la curiosidad, la interacción y la movilización de saberes. Una iniciativa más de actividades en el aula puede ser la realización de olimpiadas en las que, mediante un caso o proyecto, los alumnos deben de resolver un problema y/o crear prototipos en los que la ciencia aplicada resuelva u optimice pequeñas situaciones.

En cuanto a la labor de los gestores y organizadores de instituciones o grupos educativos, ya sea en las reuniones de consejo técnico escolar (CTE) o al momento de planear el proyecto escolar de mejora continua (PEMC) se sugiere incluir actividades STEM en el PEMC, planear excursiones o visitas guiadas a museos interactivos o a salidas de campo, realizar verdaderas reuniones de colegiado en donde se compartan los logros de los alumnos y se multipliquen las estrategias, en lugar de crear espacios de lucha entre pares, la creación de comi-

siones dedicadas a el fortalecimiento del modelo STEM de manera bimestral, añadiendo pequeñas secciones dedicadas al periódico mural y solicitar apoyo didáctico a las instancias correspondientes para las reuniones mensuales de la mano del personal de Apoyo Técnico Pedagógico (ATP) fungir como capacitador a la vez que todos aprenden utilizando los entornos virtuales de aprendizaje que ofrecen los talleres en línea, sitios como Youtube y las capacitaciones ofertadas por sitios como MexicoX y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en sus portales para la formación continua.

En cuanto a la labor de los padres, será benéfico que se organicen algunas sesiones de trabajo transversal en las que sean ellos los que expliquen actividades relacionadas con el campo, las empresas y las actividades de producción de bienes y servicios relacionados con el área, además de seleccionar juegos y juguetes que demanden pensamiento lateral así como fundamentos de creación y construcción como los sets de juguetes mexicanos de la marca *Mi alegría* o bien sets de bloques de construcción como *lego* o *mecano*, aunque si no es posible por el precio de los mismos, las salidas a parques, los smartphones o los rompecabezas también ayudan a lograr la meta.

Como profesor de grupo, en pleno trabajo de campo, con los niños al lado, es recomendable usar materiales que les permitan crear, armar, modelar, modificar y para esto, se recomiendan bloques tipo lego, plastilina, rompecabezas y similares que permitan a la vez que se realiza un juego, la introducción de conceptos y actos de medición, fraccionamiento, geometría y otros a la par que se introducen los algoritmos.

Si el entorno lo permite, lo ideal sería la dotación de tabletas digitales con programas educativos que tienen acceso a la red y permiten desarrollar el pensamiento computacional y habilidades de programación y robótica tras lo cual se socializa y comparte el trabajo con sus pares para desarrollar las habilidades humanas indispensables.

A grandes rasgos, el trabajo por proyectos en un ambiente que fomente el explorar, manipular, fomentar la curiosidad, la resolución de problemas y el pensamiento lateral, ayudará a desarrollar habilidades blandas y aptitudes relacionadas con la alfabetización científica, así

como en manejo y uso de tecnología, ingeniería y matemáticas desde el nivel de educación básica.

Conclusiones

El mundo no espera, aquel que no esté alfabetizado científica y tecnológicamente se le podrá considerar como analfabeta en el futuro y se verá relegado, teniendo menos oportunidades de mejorar su calidad de vida.

Ya lo advertía Sagan (1995), estamos en una sociedad exquisitamente dependiente de la ciencia y la tecnología y en la cual tristemente solo un puñado de personas comprende realmente cómo funciona la realidad tecnocientífica en la que nos desenvolvemos, esto constituye a largo plazo una fórmula para el desastre, y un escenario en el cual unos pocos puedan controlar a muchos.

El empleo del modelo STEM propicia el desarrollo y evolución de destrezas cognitivas y técnicas, entre las cuales sobresalen el discernimiento crítico, la solución ponderada de conflictos, la cooperación, la inventiva y la originalidad, propiciando, así, el acceso a áreas profesionales con horizontes más prometedores, puesto que, tanto en la economía interna como en la extranjera, las ocupaciones altamente especializadas son las mejor remuneradas.

No obstante, el enfoque de la educación STEM no solo se centra en el ámbito laboral, sino que también contribuye a que los jóvenes adquieran una comprensión más profunda sobre el funcionamiento del entorno natural y de sus propios cuerpos, lo que les permitirá tomar decisiones informadas y racionales en el futuro acerca de una amplia gama de temas, desde su salud alimentaria y reproductiva, hasta el medio ambiente y sus hábitos de consumo digitales y electrónicos.

Además, la educación STEM puede ayudar a reducir la brecha de género y ecualizar la balanza social, ya que potencialmente brinda a las niñas y mujeres las habilidades y la confianza necesarias para triunfar en áreas profesionales tradicionalmente dominadas por hombres, como la ingeniería, lo que les permite acceder a empleos con mayor prestigio social y mayor libertad personal.

Referencias

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2016). *Ciencia, tecnología e innovación en la economía digital: La situación de América Latina y el Caribe* [Archivo PDF]. Ciencia, tecnología e innovación en la economía digital: la situación de América Latina y el Caribe | Publicación | Comisión Económica para América Latina y el Caribe (cepal.org)

Klein, N. (2014). *La doctrina del shock.* Grupo Planeta.

Kuhn, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas.* Fondo de Cultura Económica de España.

OCDE. (2012). *Pisa in Focus*. [Archivo PDF]. https://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results-overview.pdf

OECD. (2019). *Education at a Glance 2019: OECD Indicators.* OECD Publishing.

Saavedra, M. (2014). *Formación docente eficaz. Estrategia de investigación dialéctica transdisciplinaria.* Editorial Pax.

Sagan, C. (2017). *El mundo y sus demonios: La ciencia como una luz en la oscuridad.* Editorial Crítica.

Sánchez, A. (1944). *El hijo pródigo*, *Tomo IV.* Julio-septiembre. Fondo de Cultura Económica.

José Luis Martínez Rosas

La formación en contextos educativos, una nota introductoria

Al vincularse la sociedad del conocimiento y la educación surgen tensiones, implicaciones y exigencias hacia la pedagogía y la didáctica que deben analizarse críticamente.

Dos tradiciones y dos orientaciones sobre la formación

La tradición Aristotélica que es inmanentista, considera que la esencia presente en la materia toma forma, siendo un ser en potencia hacia un fin que influye como causal de la formación; la formación ocurre sobre la materia con la concurrencia de otras causalidades y el formador actúa sobre el formando, a través de la educación como proceso que proporciona forma.

Por otra parte, la tradición dialéctico-hermenéutica, fundamentada en aportaciones de Hegel y Gadamer plantea que la formación es parte del cambio permanente y se genera mediante la intersubjetividad contingente; a través de múltiples caminos como el diálogo socrático y la dialogicidad freireana. En esta tradición, la cultura, la semiosis social y los sistemas de intelección e interpretación sobredeterminan los procesos de formación.

Por otra parte, la orientación hacia la formación integral abreva de estas dos tradiciones en el horizonte del nuevo humanismo surgido desde el S. XVIII y la concibe como proceso de adquisición de la cultura o *Bildung* y como cultura adquirida (Gadamer, 1991-1992).

Mientras que la orientación técnica de la formación la concibe como *Formation,* limitándola a los aspectos laborales y de oficios y profesiones; se desarrolla en el contexto anglosajon asociada a la primera revolución industrial y al surgimiento del capitalismo y actualmente se articula con el discurso educativo centrado en las categorías de competencia, estándares de desempeño, competitividad y calidad, que ha desplazado e incluso hecho estallar a la formación integral o *Bildung*.

Las dos tradiciones y las dos orientaciones conviven en la sociedad del conocimiento, sin embargo la orientación de la formación profesional y laboral es más cercana a una sociedad del conocimiento reducida a la economía del conocimiento y a los aspectos técnicos y al uso intensivo del conocimiento en la industria; de tal manera que en esta trama resultan más valiosas las mentefacturas que las manufacturas, por lo que la formación necesaria solo es de tipo práctico y técnico.

Contrariamente a estas ideas, la formación que se articula con la educación en-para la sociedad del conocimiento, es una formación integral que recupera en una síntesis la constitución de «lo humano» y los sentidos originarios de *bildung y formation*, pero subordinando la formación profesional y técnica al desarrollo integral de la persona en el nuevo entorno de la sociedad del conocimiento.

Para programas específicos de formación resulta necesario particularizar obviamente por niveles, áreas de conocimiento, disciplinas, y demás; por lo que la formación profesional en innovación educativa implica articular la mejora profesional, los procesos de resolución de problemas educativos, la transferencia y aplicación del conocimiento científico, entre otros aspectos; por lo que se priorizan como ejes los procesos de innovación subordinando la investigación en los diseños curriculares.

En este orden de ideas, se diferencia *la formación en y la formación para;* la primera pone énfasis en los procesos de interacción entre educadores, estudiante, contenidos, en el contexto de la práctica educativa y sus modelos teóricos considerando el patrón de interacciones y el contexto concreto. Se trata de una formación históricamente situada. La formación para se concentra en el propósito educativo de largo plazo articulado a un propósito inmediato: aplicabilidad en el contexto del posgrado, y a otro mediato: la aplicabilidad en contextos de práctica profesional.

La formación del educador en-para el siglo XXI

En virtud del incremento exponencial de la masa crítica de conocimiento producida por la humanidad y del desarrollo vertiginoso de

las tecnociencias y los dispositivos tecnológicos que se derivan de la sociedad del conocimiento y su base infraestructural en la sociedad de la información en el presente siglo, se hace necesario que el educador de cualquiera de los niveles educativos se forme para ser capaz de utilizar en su práctica educativa profesional de un modo integral al menos los tres tipos de conocimiento siguientes:

1. Conocimiento de los contenidos disciplinares.
2. Conocimiento pedagógico de los contenidos disciplinares
3. Conocimiento tecnológico del conocimiento disciplinar y del conocimiento pedagógico.

El conocimiento de los contenidos disciplinares se deriva de la existencia de objetos de conocimiento de las ciencias y de las humanidades, en sus campos disciplinarios y subdisciplinarios, interdisciplinarios, transdisciplinarios y metadisciplinarios. Entre los primeros y como ejemplo se encuentran los de la física y los de óptica o electromagnetismo; entre los segundos está el ejemplo de la psicología social, la bioquímica o la farmacobiología; entre las transdisciplinas la educación; y en el nivel metadisciplinario la epistemología y la misma filosofía.

En cada uno de estos campos existen los objetos científicos de los que dan cuenta los estados del conocimiento, como la gravedad, los hoyos negros, las micropartículas o la materia oscura en física o astronomía; o los conjuntos de categorías básicas de las humanidades, por ejemplo en la estética: lo bello, lo feo, lo sublime, el horror, lo trágico o lo cómico; en ambos casos, sirven de núcleos paradigmáticos o construcciones estables en el momento de ciencia normal del conocimiento y prácticas propias del campo, pero pueden variar en las épocas de ciencia extraordinaria o de revoluciones científicas.

Tales objetos científicos o categorías disciplinares al trasladarse desde estos campos hacia la educación se descontextualizan de su campo científico de origen y se recontextualizan en el campo educativo; así se transforman de objetos de estudio científico o hu-

manístico para constituirse en objetos de enseñanza por los educadores y posteriormente en objetos de aprendizaje por los sujetos en formación.

Para construir los objetos de enseñanza en el marco de una educación en-para la sociedad del conocimiento, nos podemos auxiliar del enfoque TPAK, que contiene tres aspectos o tipos de conocimiento a desplegar en los momentos preactivo, interactivo y posactivo de la práctica educativa: el conocimiento propiamente disciplinar, el conocimiento pedagógico del contenido disciplinar, el conocimiento tecnológico de los dos anteriores.

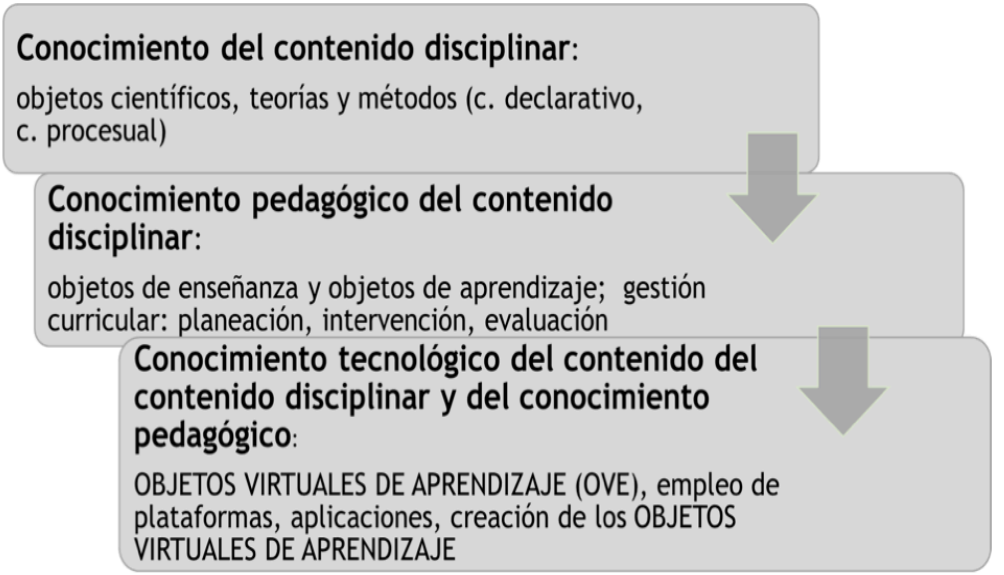
El conocimiento pedagógico del contenido disciplinar fue abordado por Shulman (1986) y consideramos que requiere al menos el dominio de una teoría de la práctica educativa, de los procesos de formación y de aprendizaje, así como de la didáctica de los conocimientos disciplinares y, finalmente, de procesos específicos de planeación, intervención y evaluación formativa.

El conocimiento tecnológico incluye al menos el de plataformas y aplicaciones educativas o que sean aplicables en la práctica educativa para generar objetos virtuales de aprendizaje (OVA), transformando los objeto de aprendizaje físicos o materiales. Los OVA sintetizan el propósito educativo, el conocimiento disciplinar y pedagógico y sobredeterminan la actividad de aprendizaje e incluso pueden integrarla y, además, suponen mecanismos o instrumentos de planeación y de evaluación; por estas circunstancias los OVA son dispositivos de formación e intervención en toda la extensión de los términos.

Algunos autores sintetizan los tres tipos de conocimiento anteriores en uno solo, denominado TPACK o Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido (Cenich, Araujo y Santos, 2019); sin embargo, aquí es considerado como un enfoque que un sujeto educador debe implementar al educar en y para la sociedad del conocimiento.

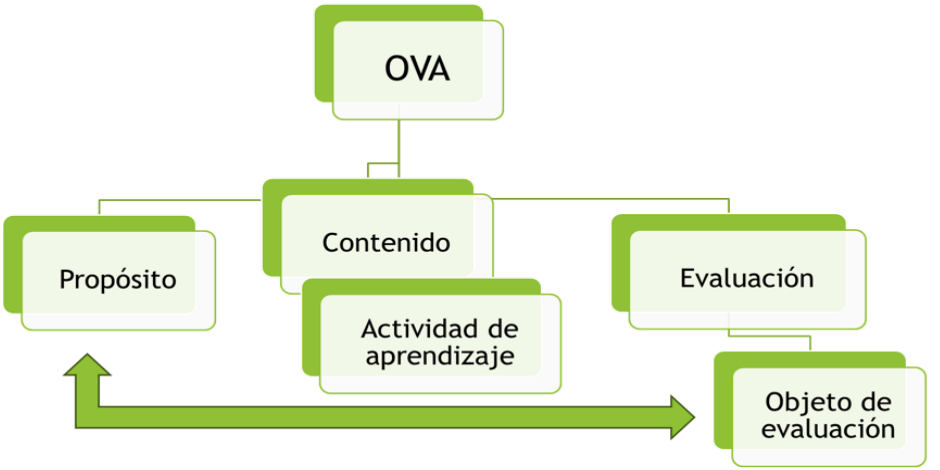
En la siguiente gráfica, de elaboración propia, se representan los tres tipos de conocimiento en mención.

Figura 2. *Enfoque TPAK.*



Al realizar integrar y articular los tres tipos de conocimiento en un todo, los sujetos educadores: docentes en educación básica, profesores de educación media y académicos de educación superior, ponen en práctica sus conocimientos disciplinares y sus conocimientos pedagógicos del contenido disciplinar, así como sus conocimientos tecnológicos aplicables al objeto de enseñanza, para convertirlo en un objeto educativo en sentido estricto, es decir, en un OVA con existencia en el mundo virtual; con todo esto, se trata de posibilitar que el sujeto en formación se lo apropie y lo co-construya en su práctica formativa e intersubjetiva con sus pares y con la guía de un experto, incrementando sus conocimientos y capacidades como ciudadano; para que un OVA se despliegue en el momento interactivo, se requiere que sea construido en el momento preactivo, a través de la acción de planificación y que finalmente sea reconstruido o sistematizado, a través de la tarea de evaluar y de sobre todo de la construcción de un objeto de evaluación por parte del sujeto en formación. Lo que se manifiesta a continuación:

Figura 3. *Componentes del objeto virtual de aprendizaje.*



Actualmente la formación en conocimientos disciplinares se realiza principalmente en educación superior y en menor medida en educación media superior, por quienes se forman para ser profesionistas; por otra parte, la formación en contenidos pedagógicos (con débil relación con los conocimientos disciplinares) se realiza en las licenciaturas en educación y en carreras afines, como pedagogía, para aplicarse en los niveles de educación básica (preescolar, primaria, secundaria); mientras que la formación en tecnologías del aprendizaje y el conocimiento (TAC) se realiza casi exclusivamente en educación superior en las carreras de ingeniería en computación o informática. Parece obvio que esta fragmentación en la formación del educador en-para la sociedad del conocimiento en el siglo XXI, debe cambiar radicalmente y deben generarse programas de formación de educadores que integren los tres tipos de conocimiento.

Papel del saber y la teoría

Sin duda los tipos de conocimiento y los procesos de gestión vinculados con el capital intelectual en los procesos productivos, de gestión y de innovación en empresas de uso intensivo de conocimiento y en instituciones escolares, son elementos a tener en cuenta para reflexionar críticamente sobre la pedagogía y la didáctica tradicionales.

En consecuencia, puede visualizarse la factibilidad, la pertinencia y las posibles innovaciones que se pueden impulsar al centrar la atención en el saber, como tipo de conocimiento con carácter estelar y en la gestión, como macroproceso que posibilita la "creación innovadora de conocimiento", en los términos de Nonaka y Takeuchi (1995) y Nonaka e Ichijo (2007).

Para abordar estos asuntos es necesario precisar que es un saber y su relación con el conocimiento en general; remitiéndonos a Foucault (1982) y a Villoro (1992). El primero establece la diferencia del saber, con respecto a la formación discursiva y la ciencia; mientras que el segundo distingue el saber, respecto a la creencia y al conocimiento; en sus términos, el conocimiento implica un saber, pero este no implica conocer.

Desde la perspectiva de Foucault (1982), los saberes son formados por una "práctica" discursiva de manera regular y se constituyen por diversos conjuntos de enunciados o juegos de conceptos organizados en un sistema de relaciones que posibilita construir proposiciones coherentes y descripciones exactas; y, aunque no tienen una estructura ideal definida, como si lo tiene la ciencia, permiten que se puedan constituir estas. Un saber está construido en el marco de una formación discursiva de la sociedad y, desde este espacio, un sujeto toma posiciones para hablar de los objetos sobre los que discurra.

Por otra parte, Villoro considera que existen elementos en común entre el saber y la creencia, lo que podríamos extender a todo conocimiento, ya que entre ellos se establecen relaciones de implicación y posibilitan proposiciones lingüísticas en primera, segundo y tercera persona; además, establece diferencias entre saberes: los proposicionales (saber que) y los que se refieren a habilidades prácticas (saber hacer) (1992, p. 126, 129 y 144); también podría identificarse un saber testimonial surgido del conocimiento propio, experiencial y personal, mientras que el conocer implica distinguir lo principal, interpretar e incluso reconocer.

Una forma de interrelacionar los planteamientos de ambos autores se presenta a continuación.

Figura 4. *Relación del saber con otras formas de conocimiento.*

Con base en lo anterior, se puede establecer que un saber es un tipo de conocimiento que está objetivado socialmente, que en su carácter proposicional refiere uno o varios objetos epistémicos y que el sujeto lo emplea para construir su posición y perspectiva sobre ellos en un campo de conocimiento, por lo que se vincula con procesos individuales y sociales a la vez y con otros tipos de conocimiento.

Este esclarecimiento es necesario antes de abordar los aspectos procesuales vinculados con la gestión de conocimiento, en donde tienen cabida. En este sentido, es necesario considerar los siguientes elementos.

Ciclo de existencia del conocimiento

Es indispensable considerar a las diversas formas de conocimiento, entre ellas al saber, de una manera dinámica, como procesos sociales y epistémicos, no solo como productos, ni mucho menos, como derivaciones tecnológicas; reduciendo en estos casos su enorme trascendencia.

Con este sentido procesual, cabe reconocer que la información y el conocimiento son dinámicos, siendo su producción solo una fase de un ciclo completo, el cual tiene características específicas de acuerdo con la dimensión o plano de que se trate.

Con base en aportaciones de Castells (2000) acerca de la sociedad de la información, así como de Tenti Fanfani (1983), quién aplica la teoría del campo a la indagación de algunos fenómenos educativos, podemos plantear con un carácter relativamente hipotético, los procesos de la información y el conocimiento, de la manera siguiente:

1. En la dimensión económica: el ciclo incluye las siguientes fases: innovación>nueva tecnología>mayor productividad> expansión económica>intensificación del proceso productivo>rendimientos decrecientes>crisis...
2. En la dimensión sociocultural las fases del ciclo son las siguientes: información>conocimiento>comunicación>producción>nueva información...
3. En el campo de la educación las fases son las siguientes: producción>circulación y distribución>uso-consumo>nueva producción...

Si se quisiera representar gráficamente estos procesos, de manera general semejarían una espiral ascendente, en la que cada ciclo es la base de otro subsecuente, que reproduce y además amplía los elementos del anterior. Sin embargo, debido a las "leyes" de acumulación de capital y de crisis recurrentes del capitalismo en la dimensión económica, cabe la posibilidad de que una crisis pudiera tener efectos sistémicos catastróficos.

Modos de producción de conocimiento

El conocimiento en general no solo se desarrolla cíclicamente, sino que es producido y este proceso se realiza con diversas modalidades. La raíz etimológica de producción es *Producere*, que significa engendrar, procrear, criar; procurar, rendir fruto, redituar utilidad, crear, fabricar bienes y servicios o manifestaciones del pensamiento; todo ello refiriéndose a la producción material e inmaterial realizada por el ser humano y las obras de la propia naturaleza. Por tanto podemos aplicar esta categoría al propio conocimiento, como un proceso y un producto producido por un individuo, un grupo o la humanidad en pleno.

Respecto a las modalidades en las que se genera, actualmente se discute la existencia y los vínculos entre varios tipos o modos de producción de conocimiento (Gibbons, Limoges, Nowotny, Schwartzman, Scott y Trow; 1997), que reciben el nombre de I, II, y a los cuales se ha agregado un tercero (Jiménez, Ramírez y Morales Arroyo, 2008; Carayannis, E. *et al.*, 2009; Acosta y Carreño, 2013; Sañudo, Gaeta, Ceja, Soto y Segura, 2017), cuyas características son muy diversas, pero que en general implican a un número progresivamente mayor de sujetos y de espacios sociales que coadyuvan a la producción y gestión de conocimientos, lo que marca una tendencia hacia la democratización y ciudadanización del conocimiento científico.

Desde un punto de vista histórico, la constitución de la sociedad del conocimiento implica la existencia y principalmente el desarrollo de un modo no tradicional de producción de conocimiento, al que se le ha llamado "Modo 2" de producción de conocimiento, que es cualitativamente distinto al "modo tradicional" o Modo 1.

El Modo 1 es un complejo de ideas, métodos, valores y normas que ha crecido hasta controlar la difusión del modelo newtoniano de ciencia a más campos de investigación, asegurándose la conformidad con lo que se considera como una práctica científica sana. Este Modo 1 o tradicional de producción de conocimiento lo desarrolla el investigador profesional desde su cubículo o su laboratorio.

Las limitaciones y problemas del Modo 1 consisten en: la participación de sujetos o investigadores con esquemas y horizontes mono-disciplinarios, la identificación de problemas dentro de los límites de los paradigmas o la ciencia normal; la comunicación altamente reservada y circunscrita a los intereses de investigadores e instituciones; en que el control de la calidad parte de criterios tradicionales, muchas veces burocráticos; en que la organización es poco abierta a nuevos participantes y la evaluación y el control de calidad de la investigación es muy endogámica, siguiendo criterios tradicionales, muchas veces burocráticos.

El Modo 2 es el que se desarrolla en el mismo lugar en que acontece un problema, sobre todo en el ámbito de la producción económica de bienes y productos de consumo y puede incorporar prácticas tradicionales de laboratorio y cubículo, es decir, puede asimilar el modo tradicional de producir conocimiento. Este modo alternativo pro-

fundiza la creatividad en grupos o colectivos, como redes y contextos en los cuales se insertan las participaciones de los individuos (Gibbons *et al*., 1997), su rasgo esencial es la producción de conocimiento en el contexto de aplicación de este; por lo cual, es una condición de existencia de este modo la expansión paralela de productores y usuarios del conocimiento en la sociedad. Otras características de este modo son la transdisciplinariedad, heterogeneidad, heterarquía y transitoriedad organizativa, la responsabilidad social, la reflexividad, el control de calidad por parte principalmente de los usuarios y la dependencia del conocimiento respecto al contexto y su uso. La acumulación de conocimiento en el Modo 2 rebasa la lógica de la especialización e institucionalización, dejando de ser limitada por la profesionalización y no implica un carácter jerárquico, sino que requiere de formas organizativas flexibles e incluso interinstitucionales y trans-institucionales.

Las limitaciones y problemas del Modo 2 se encuentran en el abandono progresivo de la investigación básica, en que la comunicación está supeditada y depende en gran medida de la tecnología, en que la evaluación se basa en el logro de rendimientos económicos y en que el control de la calidad de la investigación se basa en las leyes del mercado económico y el criterio de los usuarios.

Si bien este modo se asocia a la existencia de la sociedad del conocimiento en escala global, cabe repensar las dinámicas escolares y al interior de las aulas como insertas o integradas más a un modo de producción que a otro, sobre todo en el plano de la educación superior; pero cabe cuestionarse como se insertan también las instituciones y espacios educativos de educación básica como fundamentos o bases de la educación superior, y por lo tanto como coadyuvantes de una educación orientada hacia uno u otro modo de producción de conocimiento.

Por otra parte, de acuerdo con Sañudo, Gaeta, Ceja, Soto y Segura (2017), el Modo 3 es más una propuesta que una realidad, en la que:

> Se plantea la necesidad de una mayor democratización en el acceso al conocimiento y se solicita que además de la universidad, la empresa y el Estado, se debe incluir como factores a la sociedad e inclusive al medio ambiente [...]

Recuperando el anterior planteamiento, es visible el paralelismo entre la triple y cuádruple hélice y la pentahélice del desarrollo. Sin embargo, se trata de un paralelismo, ya que son cuestiones distintas, tanto en la teoría, como en la práctica. En sentido estricto, el Modo 2 atañe a los procesos de producir conocimiento, que se dan en los conglomerados, por ejemplo en un clúster que integra un conjunto de empresas, de instituciones de educación superior y de instancias gubernamentales; y por otra parte estas entidades. Consecuentemente en el Modo 3 debieran de participar en el proceso de producción de conocimiento los productores y los usuarios (Modo 2) y también los integrantes de la sociedad, es decir las Organizaciones de la Sociedad Civil (OSC); pera estas tres instancias, en calidad de partícipes en procesos de investigación.

Gestión del Conocimiento

Además de los ciclos de desarrollo del conocimiento y de los modos en que este se produce, se encuentra la gestión de este, que da origen a una nueva disciplina surgida del ámbito empresarial, específicamente ligada a los procesos de técnicos y de administración y de la economía empresarial, dentro de la perspectiva abierta por los estudios sobre capital humano y su impacto en la economía.

La gestión del Conocimiento procede de *Gerere*, cuyo significado consiste en la conducción o la diligencia para el logro de un asunto o negocio; en consecuencia, la gestión del conocimiento se entiende como la conducción que realiza un sujeto sobre el conocimiento y sobre los diversos elementos de este proceso.

El capital intelectual es el concepto en torno al cual gira la gestión del conocimiento, al grado tal que incluso puede denominarse gestión del capital intelectual y algunos de sus aspectos como medición del capital intelectual. Este tipo de “capital” se refiere al valor de los activos empresariales que no son considerados capital físico o material, ni capital financiero, sino intangibles; y abarcan distintos aspectos que según la teoría o el modelo específico se incluyen en el rubro de capital intelectual.

Existen estudios relativos al crecimiento de la economía relacionada con capital humano, en dónde se señala que su valor dobla o triplica

el valor del capital físico y financiero. El capital humano incluye al capital intelectual, de ahí la enorme relevancia de este, y de la aportación de la educación a la economía a través de recursos humanos altamente calificados que portan y pueden aplicar el capital intelectual, ya que son capaces de producir conocimiento científico y tecnológico, así como de usar el conocimiento existente para la solución de problemas y la realización de innovaciones en el contexto de surgimiento de aquéllos.

En concordancia con lo anterior, la aportación de la gestión del conocimiento se ha circunscrito fundamentalmente a explicar y desarrollar el conocimiento que portan las personas o recursos humanos dentro de las empresas, pero una vez que han egresado del medio educativo y han sido asimilados en el ámbito económico. Las investigaciones de Nonaka y Takeuchi (1995) y de Nonaka e Ichijo (2007) han sido pioneras en la investigación y desarrollo del conocimiento de los sujetos en las empresas japonesas y para explicar la dinámica de innovación tecnológica y creación de conocimiento de dichas empresas. Dichos autores generaron el modelo SECI, que básicamente consiste en una espiral de generación de conocimiento, a partir de internalizarlo, externalizarlo, socializarlo y combinarlo con conocimientos científicos y tecnológicos, de tal manera que los conocimientos de los sujetos se incrementan y potencializan cualitativamente, al fortalecerse y dinamizarse el tránsito entre conocimientos tácitos, explícitos, socializados y codificados.

Con base en dicho modelo se han empezado a revisar aportaciones al ámbito de la educación orientadas a generar y desarrollar innovaciones y a incrementar los recursos individuales y colectivos de los actores de las instituciones. La gestión del conocimiento en las instituciones escolares se articula con otras nociones como las de comunidades de práctica, equipos y redes de investigación, etc. En este sentido cabe mencionar algunos estudios sobre gestión del conocimiento en el ámbito educativo a nivel internacional.

Grossman (2006) hace una revisión de la literatura de la producción académica sobre gestión del conocimiento abarcando el período 1991-2002, en países anglosajones, detecta un incremento principalmente de tesis doctorales, que alcanzan en un breve tiempo la cantidad de 137 y la ausencia de esta temática en las propuestas curriculares de

licenciatura e incluso de posgrado. Santo (2004) estudia concepciones de profesores de IES de educación sobre la GC y aprendizaje de fuentes exógenas a las IES y detecta resistencia a esto último.

También se han realizado estudios en Latinoamérica y Caribe sobre esta misma temática. Romero (2004) aborda la gestión escolar en la escuela secundaria Argentina como Gestión del Conocimiento y plantea ideas para renovarla a partir de la GC. Minakata (2008 y 2009) estudia los componentes de la gestión del conocimiento y la manera de aplicar uno de sus modelos teóricos a las instituciones educativas mexicanas. Posteriormente, Minakata y Gómez (2009) construyen un Modelo de gestión colaborativa de innovaciones en escuelas secundarias y en el informe de investigación describen, explican y proponen una perspectiva de desarrollo de la institución educativa, como organización que aprende, compuesta por sujetos que aprenden.

Escorcia y Barros (2020) realizan una aproximación al estado del conocimiento, desde un punto de vista teórico, acerca de la gestión del conocimiento en educación superior, tendiente a construir un modelo "compuesto por 4 fases: identificación, creación, distribución y medición; adaptado adecuadamente al funcionamiento de estas organizaciones" (p. 1).

Con este mínimo acercamiento a la literatura se manifiesta el interés y la gran relevancia que la gestión del conocimiento puede tener para el estudio y la aplicación en términos de diagnóstico y de orientación para las acciones institucionales en las universidades y escuelas.

Procesos de formación en el ciclo espiral del conocimiento

Si bien lo anterior aplica a todos los espacios sociales, nuestro interés se enfoca a los procesos educativos; en este sentido se busca relacionar los aspectos anteriores con los procesos de formación en los cuales se entreveran la producción y la gestión del conocimiento. De esta manera la formación integral, que incluye a la formación profesional, por los procesos de formación en el ciclo espiral del conocimiento.

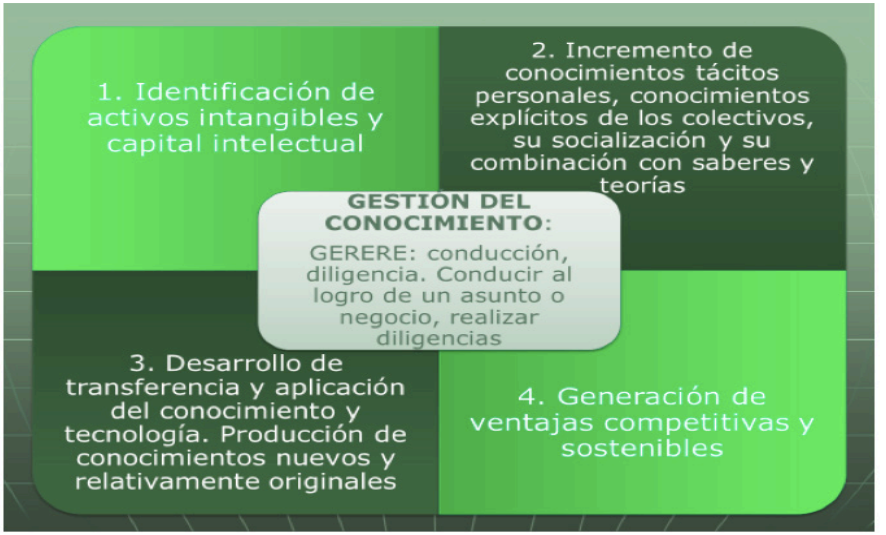
En este orden de ideas, la producción de conocimiento será el acto de generar conocimientos en sus distintas formas de existencia, una de las cuales es el saber; lo que puede realizarse a nivel indivi-

dual y/o colectivo. A nivel individual, implica los ámbitos siguientes: intrasubjetividad, interiorización, exteriorización; mientras que a nivel colectivo implica socializar los conocimientos entre varios sujetos individuales y combinarlos con conocimientos especializados que ha producido la humanidad en su conjunto.

La gestión del conocimiento requiere articular el conjunto de recursos de los que se dispone, iniciando por la identificación de activos intangibles y capital intelectual, el incremento de conocimientos tácitos personales, conocimientos explícitos de los colectivos, su socialización y su combinación con saberes y teorías y la transferencia y aplicación del conocimiento y tecnología.

Por tanto, la gestión es una condición para la producción de conocimientos nuevos y relativamente originales y, en el medio empresarial, posibilita la generación de ventajas competitivas y sostenibles; mientras que en los espacios educativos (universidades, escuelas y aulas, etc.) incide en los procesos de formación y de investigación. A continuación se presentan estas características.

Figura 5. *Características y ventajas de la gestión de conocimiento.*



La gestión del conocimiento abarca la conducción de este en todo un proceso cíclico en espiral, puesto que cada nuevo ciclo in-

crementa cualitativa y cuantitativamente el conocimiento previamente generado. En este sentido, un ciclo de la espiral del conocimiento se constituye por grandes procesos de:

1. Producción de saber.
2. Circulación y distribuidor de saberes.
3. Recepción, consumo, uso o aplicación de saberes.

Las relaciones que los sujetos establecen con el conocimiento en general y específicamente con el saber, de acuerdo con el ciclo del conocimiento, pueden ser de diverso tipo, según sea la posición del sujeto en el ciclo mencionado. En el caso del espacio educativo el sujeto en formación puede participar en el ciclo asumiendo tres posiciones básicas, acordes a su práctica en los momentos del ciclo de conocimiento: como productor, distribuidor o usuario de los saberes.

Considerando como base lo anteriormente planteado, pueden analizarse diseños curriculares y prácticas educativas en aulas o escuelas poniendo especial cuidado en comprender qué tipo de sujeto se impulsa en ellos, es decir, a) un sujeto que produce conocimiento, b) un sujeto que lo pone en circulación y lo distribuye, c) un sujeto que lo recibe, lo consume, lo usa y lo aplica.

Procesos y acciones derivadas del modelo SECI de gestión del conocimiento

Con base en la aportación de Nonaka y Takeuchi (1995) en la organización creadora del conocimiento, se identifican cuatro procesos básicos en la gestión del conocimiento, que se ligan la producción de este y que deben ser identificados en el ámbito educativo como procesos de formación:

1. Socialización: interactuar en espacios de comunicación colectiva compartiendo lo exteriorizado por varios sujetos: vivencias, valores, energías y aptitudes e intercambiando significados.

2. Externalización: manifestación, conversación donde se habla sobre historias, imágenes, conceptos y en general sobre lo que se conoce de algo.
3. Combinación: estructurar el conocimiento, creando herramientas y documentos en diálogo con los saberes ya existentes y el conocimiento previamente formalizado.
4. Internalización: interiorización, mediante la reflexión y la puesta en práctica de nuevos conocimientos adaptándolos a la vida y trabajo cotidiano.

Lo anterior se manifiesta a continuación.

Tabla 10. *Niveles de organización social y procesos básicos de gestión del conocimiento.*

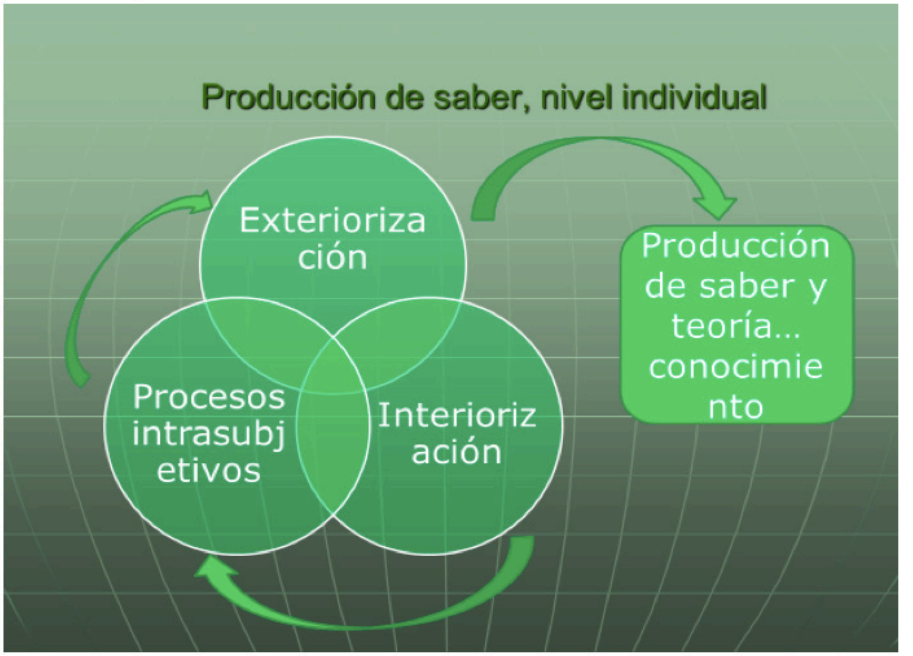
	Niveles de organización		
	Individual	Colectivo o social inmediato	Social en sentido amplio
Procesos básicos	Interiorización y exteriorización	Socialización	Combinación
	Implica la constitución y desarrollo de los individuos vinculados a los grupos y sociedad en general, incorporando y produciendo saberes.	Constitución de grupos y redes, participación de los individuos en ellos. Amplía el rango de intersubjetividad en grupos, cara a cara, por textos o mediación tecnológica.	Vinculación individual y de los grupos con la humanidad en su conjunto. Require la relación con los saberes y el patrimonio científico de la humanidad.

Respecto a estos procesos y los niveles de organización en los que se realizan, cabe precisar que la interiorización y la exteriorización, que se realizan por individuos, implican la constitución y desarrollo de éstos en un contexto social donde se vinculan a los grupos y sociedad en general, incorporando y produciendo saberes.

La socialización exige la constitución de grupos y redes, con la participación de individuos en ellos, y amplía el rango de intersubjetividad entre ellos, ya sea en grupos cara a cara, por telecomunicación y mediación tecnológica.

La combinación requiere la relación con los saberes y el patrimonio científico de la humanidad y posibilita la vinculación individual y de diversos grupos con la humanidad en su conjunto; de ahí que la codificación sea indispensable para integrar los otros tres procesos en uno más amplo denominado combinación. Estos procesos se muestran gráficamente a continuación.

Figura 6. *Subprocesos de la producción y gestión del conocimiento en el nivel individual.*



Estos procesos básicos, que falta complementar con los procesos sociales en sentido estricto, como son la socialización y la combinación, evidentemente se vinculan con los procesos de formación realizados en los espacios educativos y nos van señalando distintas líneas para que éstos converjan con los aspectos propios de la sociedad del conocimiento.

Acciones del sujeto en formación en los procesos de Gestión del Conocimiento

En el mismo sentido, se indican cuáles son las acciones propias que constituyen y son coherentes con cada uno de los procesos anteriores.

Acciones del proceso de interiorización

Tienen la función general de asimilación y apropiación de la información por vía sensoperceptiva, a través de acciones como: ver, mirar y observar; oír y escuchar; sentir a través de los demás canales de sensopercepción; leer.

La información se decodifica, con lo cual inicia el proceso de interpretación; los códigos susceptibles de aplicar en la decodificación son construcciones sociales que se van interiorizando, construyendo y perfeccionando con el uso y la reflexión sobre dichas acciones y sobre los códigos mismos. La información decodificada, es la primera unidad de sentido y, por lo tanto, el primer dato que configura el contenido de la comunicación.

El dato se vincula de manera articulada o desarticulada, incluso contradictoria, con otros datos y sobre todo con núcleos de significación estructurados en forma de red en la memoria de mediano y largo plazo. Esto caracteriza el proceso de conversión del dato en conocimiento. De su grado de articulación y coherencia depende la significatividad del dato convertido en conocimiento.

Acciones de los procesos intrasubjetivos

Estos procesos tienen la función de transformar las unidades de información en datos y éstos en conocimiento: nociones, conceptos, categorías, estructuras de contenido y estructuras de procesos. De igual manera, la segunda función consiste en disponer los datos y conocimiento para su uso mediante acciones de exteriorización. Las acciones en este ámbito son acciones internas o interiorizadas a las que Piaget (1968) denominó operaciones: percibir, abstraer, clasificar, comparar,

relacionar, analizar y sintetizar, deducir e inducir, comprender la información vista, leída o escuchada; memorizar, evocar, imaginar, entre otros; como parte de una lógica operatoria (Castorina y Palau, 1982).

Las estructuras de contenido, también conocidas como saberes declarativos y saberes sobre causa y efecto, son unidades y redes articuladas en torno a nodos, de carácter estable, susceptibles de aplicar como partes o totalidades para la interpretación de nuevas informaciones y datos. Se pueden enunciar mediante reglas de uso con una estructura morfosintáctica particular, según requiera el campo social correspondiente y el tipo de saber y discurso que forme parte de este.

Las estructuras de proceso, también conocidas como saberes procedimentales, son conocimientos, habilidades, destrezas, que se pueden ejercitar ya sea como acciones (comportamientos) simples o complejas. Pueden acompañar u objetivar a las estructuras de contenido.

Los procesos en particular permiten poner en acción, para distintos fines, las unidades o estructuras de contenido y proceso. Se pueden clasificar de acuerdo con el flujo que siga la información hasta el conocimiento, por el grado de complejidad que requiere el procesamiento o por la operación específica que implique.

Acciones del proceso de exteriorización

Estos procesos de exteriorización tienen la función primaria de comunicación, objetivando el pensamiento del sujeto y transmitiendo las unidades y estructuras de contenido que forman su conocimiento personal. Se puede exteriorizar por medios: actancial, simbólico (verbal y escrito) e icónico, realizando microacciones de: hablar o enunciar, escribir, comunicar, participar, discutir, proponer, decidir.

El medio actancial requiere de la expresión del conocimiento a través de estructuras de proceso y mediante el canal corporal, tratando de implicar la sensopercepción del auditorio. El medio icónico requiere de la expresión de unidades y estructuras de contenido, tratando de implicar canales específicos de sensopercepción (visión, tacto). La exteriorización simbólica requiere un elaborado proceso de interpretación objetivante y composición de estructuras morfosintácticas com-

plejas; trata de implicar diversos tipos de conocimiento del auditorio, principalmente unidades y estructuras de contenido.

Los procesos de exteriorización por medio actancial y verbal permiten realizar objetivaciones de tipo inmediato. Los procesos por medios icónicos y escritos permiten realizar objetivaciones de alcance mediato y lejano o sea generar productos icónicos y simbólicos.

Acciones del proceso de socialización

El proceso de socialización es una actividad que se realiza en comunicación con una o más personas y principalmente en grupos y equipos de trabajo, va ligado a los procesos de exteriorización e interiorización, que son procesos individuales. La socialización se realiza cuando varios individuos, preferentemente en un grupo estable o equipo de trabajo, exteriorizan e interiorizan conocimiento; pero además "negocian" significados de tal modo que todos los participantes puedan construir y producir un conocimiento con características similares.

Durante la socialización, las acciones comunicativas deben caracterizarse por usar el mismo código, estructuras morfosintácticas similares, conceptos cuyo significante sea idéntico justamente para negociar significados, canales de comunicación compartidos, procesos de codificación y decodificación compartidos, identificación común de ruidos e incongruencias, retroalimentación entre los miembros; y ante todo compartir el sentido de las acciones y la interacción en el grupo, así como el sentido de la tarea, objetivos y metas.

Consecuentemente el grupo trabaja para sus propios miembros, así como para un potencial público usuario y consumidor del conocimiento socializado. Para cumplir tales propósitos requieren inscribir su conocimiento negociado, transformándolo en saber, haciendo uso de distintos medios de soporte: impresos, audiovisuales y digitales.

Acciones del proceso de combinación

El proceso de combinación consiste en articular de manera congruente los conocimientos y saberes exteriorizados, interiorizados y socializa-

dos, con los saberes y conocimientos reconocidos por su validez y utilidad por otros expertos.

Los conocimientos y saberes de los expertos se encuentran localizados en repositorios y otras formas de acumulación en soporte digital; así como en productos impresos; libros, etcétera, los cuales a su vez se encuentran depositados en bibliotecas y entre otros lugares. Lo anterior implica un cierto grado de formalización y sistematización, que permita "reescribir" lo que se expresa en lenguaje ordinario en un código específico como el de los saberes y las teorías, construyéndolos como artefactos culturales y educativos, documentos y sistemas de almacenamiento.

La codificación requiere el uso de conceptos claves y de argumentos y tesis que contengan enunciados complejos susceptibles de describir, explicar y comprender el sentido de informaciones y datos; así como la posibilidad de decodificar en otros momentos y por otras personas en un tiempo y espacio distintos. Por lo tanto, la codificación potencia la exteriorización y la socialización, convirtiéndolas en patrimonio colectivo, incluso de la humanidad.

De los procesos anteriores derivan tipos de conocimiento, acordes a cada uno de ellos, los cuales no son nuevos, pero su inclusión enriquece nuestros conocimientos acerca de la tipología.

Tipos de conocimiento y niveles de construcción individual o colectivo

Los tipos de conocimientos, largamente estudiados por la gnoseología, la epistemología y la psicología, son muy diversos y su agrupamiento y clasificación resulta complejo. Reconociendo estas circunstancias, es necesario precisar que los tipos de conocimiento se deben vincular con las características de las sociedades en que se encuentran inmersos, como lo es ahora la sociedad del conocimiento.

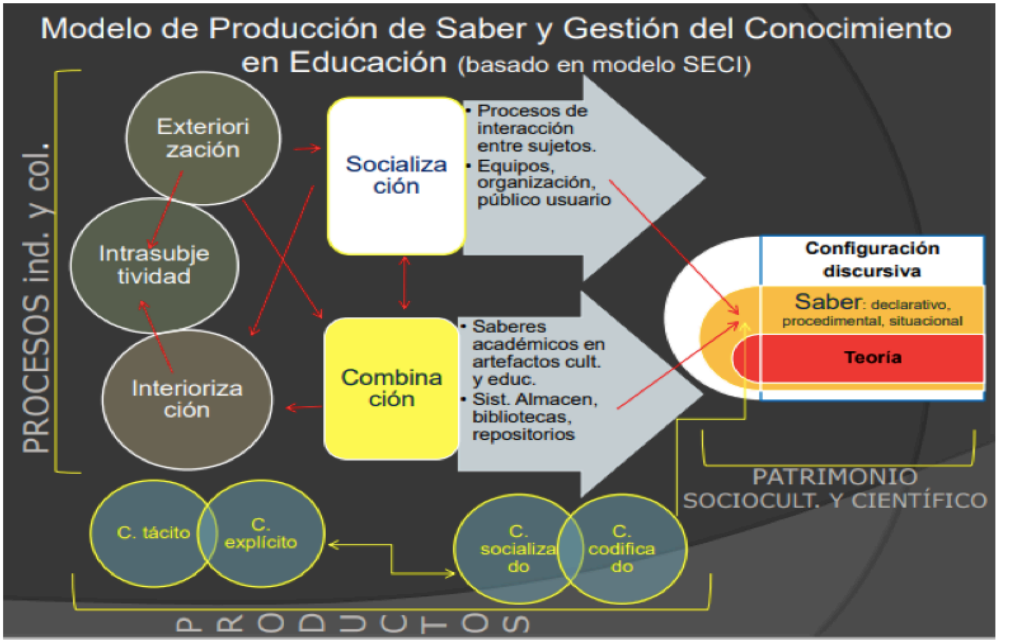
En ese sentido, es de la mayor relevancia identificar los tipos de conocimientos inmersos en los procesos de gestión de conocimiento, puesto que ahora se articulan a la sociedad del conocimiento en general, y a los ciclos, modos de producción y a la gestión del conocimiento.

a) *Conocimiento tácito e intrasubjetivo,* que es propio de cada sujeto o individuo.
b) *Conocimiento explícito*, que es exteriorizado por un individuo hacia otro u otros que pueden constituir o no una colectividad, mediante acciones de comunicación.
c) *Conocimiento socializado,* que se integra con conocimientos exteriorizados por varios individuos o sujetos colectivos que integran lo previamente exteriorizado y posibilitan su interiorización por otros individuos. En la medida en que el conocimiento tácito personal es exteriorizado y logra socializarse, se convierte en saber,
d) *Conocimiento combinado*. Un saber puede combinarse con otros saberes o tipos de conocimiento colectivo de mayor consistencia; así, la combinación incluye categorías sociales y categorías de saberes académicos o teorías integradas; el conocimiento combinado es un discurso en código de saber y teoría; en este sentido, el conocimiento derivado de la triangulación en métodos cualitativos es un ejemplo de conocimiento combinado.

Los conocimientos interiorizados se depositan en la memoria de los sujetos o individuos, mientras que los conocimientos socializados y combinados se depositan y objetivan en productos o soportes, como son: artefactos culturales y educativos, documentos físicos y digitales compartidos y públicos entre la comunidad, productos reelaborados por consulta de fuentes e intercambio en redes y en sistemas de almacenamiento: bibliotecas, repositorios y otros.

En un afán de sintetizar lo anterior y de articular visualmente una propuesta derivada del Modo 2 de producción de conocimiento y de las construcciones conceptuales acerca de la gestión del conocimiento, se propone un modelo que además de integrar ambas categorías y sus componentes, puede servir como orientación de los procesos de formación en los espacios educativos.

Figura 7. *Modelo de producción de saber y gestión del conocimiento en educación.*



La figura anterior es una modelización del conjunto de procesos de producción y de gestión que ocurren de manera separada, pero se pueden articular y fortalecer mutuamente para desarrollar con mayor profundidad los procesos de formación en los programas, proyectos y espacios educativos, para orientarlos hacia la sociedad del conocimiento.

Epílogo sobre la educación y el saber en la sociedad del conocimiento

El saber, como forma de conocimiento objetivado, se constituye en parte del curriculum en la práctica o en la acción; además es un elemento básico de la sociedad del conocimiento, ya que esta exige interacción entre sujetos por medio y en torno al conocimiento, por lo que tienen que actuar en función de su forma objetivada, es decir, del saber.

Los sujetos en la sociedad del conocimiento producen, distribuyen y usan el conocimiento; por lo que su accionar no se circunscribe a

interactuar con la forma objetivada de conocimiento, sino que implica su subjetivación y su objetivación, por lo que resulta necesario que actúen sobre otras formas de conocimiento. Consecuentemente, el saber tiene un papel central, pero no único, en el desarrollo de un nuevo modo de producción y de la sociedad del conocimiento.

En ese sentido, esta sociedad y el modo 2 de producción de conocimiento implican trabajar con saberes para desarrollar las redes, los vínculos interinstitucionales, etcétera; es decir, se requiere un énfasis en el saber, sin olvidar o marginar otras formas de conocimiento, como los conocimientos personales, los discursos propios de la vida cotidiana, las teorías científicas más refinadas que los saberes, etc.

En materia educativa, las aulas y escuelas, y en general todo centro educativo, pueden repensarse y refundarse con base en los supuestos de la sociedad del conocimiento; es decir, pueden ser concebidas como espacios donde se realiza una potente producción, circulación, consumo y uso de conocimientos.

La pretensión de imbuir un arbitrario cultural como fin de la educación, tanto más si se trata de una educación bancaria, tal y como la criticó Paulo Freire, debe dejar paso a un espacio socioeducativo cuya misión consiste en preparar y en desarrollar la sociedad del conocimiento desde las primeras etapas de vida de los sujetos sociales.

¿Pueden el aula y la escuela dejar de ser espacios rebasados por la dinámica de la sociedad y transformarse? ¿puede diseñarse un currículo que desate las energías creadoras de los estudiantes? ¿pueden generarse prácticas en las cuales la autonomía de pensamiento sea uno de sus constitutivos? ¿pueden la escuela y el currículum promover la producción de conocimiento?

La tarea del educador, más que mediar entre el currículo diseñado desde la última reforma, es convertir el microespacio áulico en una microsociedad del conocimiento.

La cuestión curricular, con toda la complejidad que implica, corresponde al ámbito de la arbitrariedad cultural y la reproducción social, mientras que la producción de conocimiento se sitúa en el ámbito de la creatividad y la autonomía de pensamiento del sujeto. Dos extremos que como tales implican una tensión por el antagonismo entre algunas de sus características.

Se trata pues, al plantear las relaciones entre curriculum, saber y producción de conocimiento, de abordar una tensión permanente, constitutiva de estas categorías, las cuales al mismo tiempo implican problemáticas que afectan las tareas educativas de hoy con cara hacia el futuro. Cabe cuestionarse si la producción de conocimiento y de saber, que requiere, por una parte apropiación de componentes culturales especializados y una cierta continuidad, y por otra parte la innovación, la lucha y ruptura con el conocimiento establecido, puede ser considerada como parte o elemento constitutivo del curriculum, ampliando su actual acepción, o bien deba conformarse como categoría en contradicción y antagonismo.

Lo que es un hecho, es que las nociones de producción de conocimiento y de saber, concebidas en calidad de tareas de la educación y de la formación, exigen replantear el curriculum, priorizar los tipos de saber y conocimiento, revisar y modificar particularmente las formas de presentación y trabajo sobre los contenidos académicos.

Aunque la producción de conocimiento es una actividad añeja, hoy se encuentra asociada a lo que se conoce como "Sociedad del Conocimiento"; a decir de Juan Carlos Tedesco (1999, p. 1), actualmente se desarrolla una "nueva configuración social basada en la idea de que el rasgo central de la nueva organización social consiste en que el conocimiento y la información estarían reemplazando a los recursos naturales, a la fuerza y/o al dinero, como variables clave de la generación y distribución del poder en la sociedad"; en este sentido coincidimos con Tedesco en que la posesión y uso del conocimiento se constituye progresivamente en fuente de poder social, y que además, "una sociedad basada en el uso intensivo de conocimientos produce simultáneamente fenómenos de más igualdad y de más desigualdad, de mayor homogeneidad y de mayor diferenciación" (Tedesco, 1999, p. 2), debido particularmente a que las tecnociencias aplicadas al proceso productivo generan transformación en la organización social y técnica del trabajo.

Tales situaciones implican para el conjunto de las sociedades reconfigurar sus sistemas o redes de relaciones internas y externas, por una parte y por otra el ciclo de producción, distribución y uso

del conocimiento. Consecuentemente la sociedad del conocimiento, como proyecto emergente en proceso de constitución, está asociada a la instalación y desarrollo del modo 2 de producción de conocimiento y de la gestión del conocimiento.

Si las anteriores circunstancias obligan a reconfigurar las sociedades, los sistemas educativos de estas se verán progresivamente insertos en esta dinámica; tales razones nos señalan la gran relevancia de indagar los nexos reales y potenciales no solo entre la educación como sistema, sino como práctica, con respecto a la sociedad del conocimiento y la producción de conocimiento. Consecuentemente, el diseño y puesta en práctica del currículum, sea concebido en sentido amplio o estrecho, deberá investigarse, revalorarse y planificarse como un elemento asociado a la producción, la gestión y la sociedad del conocimiento.

Por tanto, lo anterior implica repensar su función como contenidos del proceso de producción científica e intelectual, así como sus vínculos con las prácticas educativas actuales y su potencialidad en los procesos de investigación e innovación de estas.

Desde nuestra perspectiva, es congruente el planteamiento de que el modo de producción tipo 2 puede incluir los cuatro tipos de conocimiento planteados en la clasificación del CERI de la OCDE, pero es necesario enfatizar que: a) el saber es el tipo de conocimiento que debe potenciarse principalmente en virtud de que es el que circula en los espacios colectivos desde lo local hasta lo global, y b) que se requiere enfatizar también los procesos de producción de saberes, pero sin descuidar los de producir conocimientos en general.

La producción de saberes como tarea educativa central, a la que se agrega el desarrollo de capacidades para producir y gestionar conocimientos es una posición divergente a lo que platea la OCDE (2005) en su “Definición y selección de competencias”, en las que privilegia el uso del conocimiento y omite la producción de conocimiento como competencia clave.

El posicionamiento de la OCDE es, a nuestro juicio, una intencionada desviación de nuestra atención, puesto que el proceso de producción queda ocultado. Es una desviación de atención que incide en un

retraso o freno al desarrollo de los países semiperiféricos y periféricos del sistema-mundo; destinándolos a una posición de usuarios de conocimiento y de la aplicación tecnológica del mismo, mientras que reserva la producción de conocimiento y tecnología para los países centrales del sistema-mundo y para las macrouniversides globales de investigación.

En sentido divergente a este posicionamiento de la OCDE, es esencial en los procesos de formación, que desde un punto de vista más democrático y de justicia social, sean los sujetos en formación en los espacios educativos, y por extensión, todos los sujetos sociales, quienes produzcan y gestionen el conocimiento en todas sus formas, a fin de convertirse en verdaderos ciudadanos en la sociedad mundial del conocimiento.

Referencias

Acosta, W. y Carreño, C. (2013). Modo 3 de producción de conocimiento: implicaciones para la universidad de hoy. *Revista Universidad de La Salle*, 61, 67-87.

Castells, Manuel. (2000). *La era de la información. Economía, sociedad y cultura. Vol. 1: La sociedad red. Vol.2: El poder de la identidad. Vol. 3: Fin de milenio.* Alianza Editorial.

Castorina J. y Palau G. (1982). *Introducción a la lógica operatoria de Piaget.* Paidós.

Carayannis, E. *et al.* (2009). "Mode 3" and the Quadruple hélix toward a 21st. century fractal innovation ecosystem. *International journal of technology management,* 46 ¾, 201-234.

Cenich, G., Araujo, S. & Santos, G. (2019). Conocimiento tecnológico pedagógico del contenido en la enseñanza de matemática en el ciclo superior de la escuela secundaria. *Perfiles Educativos,* 42(167), 53-67. https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2019.167.59276

Escorcia Guzmán y Barros Arrieta. (2020). Gestión del conocimiento en Instituciones de Educación Superior: Caracterización desde una reflexión teórica. *Revista de Ciencias Sociales* (Ve), vol. XXVI, núm. 3, 2020. Universidad del Zulia.

Foucault, Michel. (1982). *La arqueología del saber.* Siglo XXI editores.

Gibbons, Michael; Limoges, Camille; Nowotny, Helga; Schwartzman, Simos; Scott, Peter y Trow, Martin. (1997). *La nueva producción de conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*. Pomares-Corredor.

Grossman, Martin. (2006-2007). The emerging academic discipline of knowledge management. In Management. *Faculty Publications. Paper 11.* Available at: http://vc.bridgew.edu/management_fac/11

Jiménez, J., Ramírez, J., Morales-Arroyo, M. (2008). Modo 3 de producir conocimiento: investigación socialmente responsable. *VII Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología,* Río de Janeiro, Brasil, 28-30 de mayo, 2008.

Minakata, Alberto. (2008). "Gestión del conocimiento en educación y transformación de la escuela. Notas para un campo en construcción". *Sinéctica, Revista virtual de educación.* ITESO.

Minakata, A. y Gómez, L. (2009). *Modelo de construcción colaborativa de prácticas educativas para la ecuación básica. Descripción del programa de tutorías en las secundarias de Jalisco y evaluación de su impacto a través de la percepción de los actores educativos involucrados. Reporte diagnóstico, primera etapa.* Fomix-Conacyt-ITESO.

Nonaka, Ikujiro y Kasuo Ichijo. (2007). *The Knowledge Creating and Management. New chalenges for managers*. New York. Oxford University Press.

Nonaka, Ikujiro y H. Takeuchi. (1995). *The Knowledge Creating Company. How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford, UK. Oxford University Press.

OCDE. (2005). *The Definition And Selection Of Key Competencies. Executive Summary (DeSeCo).* www.oecd.org/edu/statistics/deseco

Piaget, Jean. (1968). *Seis estudios de psicología*. 2° edición. Seix Barral.

Romero, Claudia. (2004). *La escuela media en la sociedad del conocimiento. Buenos Aires-México:* Novedades Educativas.

Sañudo, Gaeta, Ceja, Soto y Segura. (2017). *Modos de producción del conocimiento en los programas de posgrado y de formación*

inicial en educación. El caso de la investigación educativa. XIV Congreso Nacional de Investigación Educativa. COMIE.
Santo, S. A. (2004). *Knowledge management: an imperative of schools of education*. TechTrends 49 (6).
Shulman, Lee. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching, Educational Researcher, 15, 2, pp. 4-14. AERA.
Tedesco, Juan Carlos. (1999). *Educación y sociedad del conocimiento y de la información.* Encuentro Internacional de Educación Media. Secretaría de Educación de Bogotá, Colombia.
Tenti Fanfani, Emilio. (1983). *El campo de las ciencias de la educación: elementos de teoría e hipótesis para el análisis*. Ponencia en el Coloquio sobre investigación Educativa. Fotocopia. México.
Villoro, Luis. (1992). *Creer, saber, conocer.* Siglo XXI editores.

Teoría de la educación en ciencias y procesos de enseñanza-aprendizaje

José Luis Martínez Rosas y María Elena Balcázar Villicaña

Algunas de las problemáticas más relevantes del contexto sociohistórico que atañen a la educación en ciencias son: el acelerado desarrollo de la Sociedad del Conocimiento, el profundo desequilibrio entre sociedad y naturaleza, la insostenibilidad del desarrollo humano bajo los patrones de reproducción socioeconómica actuales, el alto grado de incertidumbre y complejidad de la realidad toda, incluido el conocimiento y demás formas del pensamiento humano. Todas estas problemáticas deben ser atendidas desde la educación, con enfoques preventivos, críticos o remediales, que debieran ser asumidos por los sujetos educativos y las instituciones universitarias y escolares en general.

La ciencia es una forma trascendental de conocimiento, que posibilita explorar el mundo de la naturaleza y de la sociedad, así como intervenir racionalmente en ellos; permite develar los secretos de la naturaleza y ejercer una influencia social y cultural (UPN, 2000).

Históricamente, el desarrollo de las ciencias de la naturaleza ha respondido al desarrollo del capitalismo y de la modernidad, y desde estos marcos, se ha erigido sobre una racionalidad técnica a partir de la cual los objetos teóricos tienen una relación de exterioridad con respecto al sujeto que los construye y, además, los objetos y fenómenos de la naturaleza, así como los artefactos tecnológicos son medios para acumular capital y poder.

Con la perspectiva de articular la educación, la sociedad del conocimiento y el equilibrio y sostenibilidad ecológicos, resulta necesaria una reflexión teórica sobre tres grandes temas: la relación entre ciencia y educación, la educación en ciencias y el desarrollo del sujeto en formación.

En este panorama cabe puntualizar que:

1. La cultura como un todo simbólico es envolvente, consecuentemente la cultura científica influye en la educación en ciencias

desde la educación básica y la enculturación se constituye como educación informal.
2. La formación disciplinaria de científicos se ha concentrado en educación superior, aunque la formación en ciencias inicia con la enculturación en ciencias.
3. El conocimiento científico no es la única forma de conocimiento, ni un fin en sí mismo. La educación científica en nivel básico tiene un énfasis enculturante, más que transmitir conocimientos y fórmulas, apoya a los niños para desarrollar una actitud científica, viendo su entorno con "ojos de científico".
4. La enseñanza de la ciencia implica un reconocimiento de los propósitos de formación por cada uno de los niveles educativos y de los propósitos y pertinencia sociales, económicos y políticos del desarrollo científico, en el contexto de la sociedad nacional.

Algunos antecedentes de la educación en ciencias

Existen antecedentes indispensables de recuperar y analizar críticamente: investigaciones sobre aprendizaje, desarrollo y pensamiento infantil; práctica y acciones educativas, didáctica de las ciencias; estudios sociales de ciencia y tecnología.

Entre ellos resalta la investigación educativa en México respecto a alumnos y docentes de educación básica, la cual focaliza procesos de aprendizaje y cambios conceptuales e incluye el discurso y los procesos de argumentación en el aula. La mayoría de los estudios sobre la enseñanza de las ciencias se ubican en el nivel medio-superior y superior, con poco énfasis en el nivel básico.

En las Islas Baleares, Vázquez y Manassero (2009) estudiaron las expectativas y prioridades del futuro laboral de estudiantes de secundaria, encontrando que existen diferencias significativas debidas al género." Los hombres dan significativamente más importancia a los rasgos manuales o tecnológicos del trabajo (fácil, manual o máquinas), a alcanzar una posición de liderazgo (controlar a otros, ser el jefe), así como a las recompensas extrínsecas (dinero, fama, ocio)"; mientras que

las mujeres "prefieren significativamente los trabajos caracterizados por la relación con otros (personas, ayudar a otros) y que ofrecen recompensas intrínsecas de autoactualización personal (creatividad, personalmente importante, acorde con los valores personales)" (pp. 12-13).

Entre las propuestas educativas para el aprendizaje de las ciencias naturales resaltan aquellas dirigidas a alcanzar logros en la conceptualización de los niños sobre un tópico específico (Ravanis, 1994; Ravanis y Bagakis, 1998), en las cuales se observa que el proceso de intervención lo lleva a cabo el profesor de manera individual. También existen propuestas curriculares de manera más generalizada (French, 2004; Gelman y Brenneman, 2004), en las que el aprendizaje de la ciencia se incorpora al currículo, sin especificar las particularidades que deben tomarse en cuenta para las ciencias.

Si bien la educación científica en el nivel preescolar se encuentra en sus inicios, los nuevos currícula de Inglaterra, Estados Unidos y España incluyen un eje de educación en ciencia. Particularmente los currícula ingleses contemplan la enseñanza de la ciencia a partir de los cinco años, fijando contenidos generales, criterios y enfoques que orientan la producción de textos, materiales multimedia y de apoyo, herramientas y situaciones educativas (Bartolini y Fabboni, 1990).

En México el plan de estudios de educación básica y sus programas contemplan la ciencia entre sus contenidos y propósitos, vinculada a la relación del niño y del adolescente con la naturaleza.

El proyecto educativo mexicano en la enseñanza de las ciencias a nivel básico (Chamizo, 2000) se ha centrado en elaborar y distribuir libros de texto gratuitos de ciencias naturales, la distribución de libros y materiales didácticos con sugerencias didácticas para profesor de cada asignatura, la impartición de talleres y cursos de actualización para maestros, así como la reestructuración de las escuelas normales incorporando en sus planes de estudio las nuevas tendencias en la enseñanza de las ciencias.

Para la educación básica el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología ha desarrollado manuales o cuadernillos de acercamiento a la ciencia que contienen actividades didácticas con experimentos, cuyo objetivo es cultivar el interés por los temas científico-técnicos.

La Universidad de Guanajuato y la Benemérita y Centenaria Escuela Normal Oficial de Guanajuato elaboraron un fichero de actividades de experimentos físicos para orientar la intervención docente hacia actividades didácticas que permitan a los niños desarrollar procesos cognitivos e interactuar con el medio natural.

García y Sánchez (1999) elaboraron una propuesta didáctica para alumnos con una reflexión dirigida a docentes para tomar en cuenta los saberes previos de los niños y buscar cierta homogeneidad en los aprendizajes, ya "que no se trata de incluir actividades experimentales sin ningún fundamento teórico, sino que se reconozcan sus bondades y mediante ellas se propicie una actitud positiva hacia la ciencia".

Investigaciones educativas realizadas para conocer cómo aprenden los niños han sentado bases para replantear la enseñanza de las ciencias naturales (Driver, 1989). En una de estas aportaciones, Gallegos, Calderón y Flores (2008) caracterizaron al niño de cuatro a seis años por su manera de interpretar el universo que le rodea, su curiosidad y su imaginación.

Guisasola y Azcona (2005) mencionan que las visitas a museos de ciencias tienen gran interés en los niños de primaria y secundaria y son una oportunidad para propiciar capacidades cognitivas, siendo un contexto del mundo real para llevar a cabo actividades del mundo natural y no experimentar artificialmente dentro de un aula, pero que requiere de tiempo para recopilar datos y darles sentido.

El profesor tiene un papel preponderante para diseñar y realizar actividades. Chamizo (2000) ha insistido en que son los principales comunicadores de la ciencia. Sin embargo, muchas veces la práctica pedagógica se reduce a reproducir modelos de enseñanza y sus creencias y concepciones científicas afectan la visión que logren tener sus alumnos de la ciencia.

Niveles epistemológico y teórico del discurso sobre la educación en ciencias

Sin duda es necesario construir un andamiaje conceptual suficientemente potente para analizar y guiar los esfuerzos educativos en el aula y la escuela básica; esta carencia debe ser subsanada mediante la

formulación de una teoría con elementos interpretativos y también normativos de su objeto de estudio, en estrecha vinculación con un saber filosófico-epistemológico.

En este marco del discurso científico tienen un lugar privilegiado saberes epistemológicos que incluyen las categorías de complejidad y multirreferencialidad.

Dada su pertinencia resulta relevante recuperar algunos conceptos centrales en teorías ya construidas partiendo de una fundamentación epistemológica pertinente, como son las perspectivas de la complejidad (Morin,1997) y de la multirreferencialidad (Ardoino,2005).

Complejidad y complejo, del latín *complexus*, significan enredar, entrelazar, entretejer, abarcar; es decir: "ligar" y "religar", siendo una de sus posibilidades: la articulación, que permite en ciencias humanas ligar lo heterogéneo (Ardoino, 2005, p. 37), como es el caso de conceptos o métodos.

A diferencia de Morin, quien piensa la complejidad como una propiedad de los objetos, Ardoino la concibe en términos de análisis: "la complejidad es una cualidad que se le atribuye a los objetos a través de la mirada que se tiene sobre ellos, es decir, es la manera de mirar los objetos lo que le va a dar existencia a la complejidad" (p. 106). La multirreferencialidad requiere "Implementar ópticas de lectura plurales y contradictorias para entender mejor un objeto, un objeto de investigación, una dificultad, un problema" (p. 22), de ahí que la complejidad requiera del análisis multirreferencial y "la transdisciplinariedad (que) corresponde a una necesidad de volver a la unidad" (p. 79).

Conceptos claves de una teoría de la educación en ciencias

Este nivel del discurso debiera incluir un conjunto articulado y multirreferencial de conceptos claves como son: los dispositivos pedagógicos, las situaciones didácticas, la transposición didáctica, la actitud científica, las estrategias de enseñanza y aprendizaje y la estrategia de experimentación.

Como puede apreciarse, los conceptos claves que se buscan articular multirreferencialmente en un marco de complejidad, posibili-

tan construir una teoría de corto alcance, que requiere necesariamente de meso y macroteorías (Martínez Rosas y Fontaines-Ruiz, 2015), todas ellas vinculadas con las categorías de articulación multirreferencial y complejidad. A continuación, se aborda el nivel semántico de la construcción teórica propuesta, abordando los conceptos claves mencionados con anterioridad.

Dispositivo pedagógico

En este orden de ideas, la educación en ciencias que reconoce la complejidad, la articulación y la multirreferencialidad, puede recuperar e incluir el concepto de dispositivo desde la perspectiva de Michel Foucault, que de acuerdo con Martha Souto (1999: 70) se entiende como "una red que vincula un conjunto de elementos heterogéneos en un juego de las relaciones de poder y de saber con un carácter estratégico"; en los dispositivos existe entre teoría y técnica una relación no lineal, sino de interinfluencia, retroacción y recursividad. La técnica es aplicación de teoría y creación de respuestas operativas en la acción y en situaciones dadas; las creaciones y realizaciones a nivel técnico son generadoras de conocimiento con algún nivel de teorización.

En consecuencia, los dispositivos pedagógicos no tienen la intencionalidad de trasmitir saberes, sino que son: mediadores de la formación, provocadores del cambio y facilitadores del desarrollo personal centrado en la autoformación (Souto, 1999, p. 94); por esta razón permiten problematizar y actuar proactivamente contra la concepción del proceso educativo como técnica didáctica y contra la racionalidad instrumental.

En concordancia con la complejidad (Morín,1996, p. 125-126), el dispositivo pedagógico no puede ser pensado solamente como una red de elementos técnicos en las prácticas educativas, ni como un programa lineal con acciones sucesivas y un resultado cierto; el dispositivo pedagógico incluye opuestos y posibilidades antagónicas de sucesos en un mismo espacio escolar o áulico: orden y desorden, irregularidad, aleatoriedad, imprevisibilidad y desviación de estructuras dadas en una realidad concreta y compleja.

El dispositivo pedagógico tiene carácter estratégico al trascender las limitaciones de un programa -secuencia lineal de acciones orientada hacia el logro de objetivos concretos-, al incluir varios escenarios posibles posibilitando incorporar lo inesperado, lo nuevo o lo desconocido, para modificar o enriquecer el curso de acción previsto; incluyendo amplios márgenes de libertad para la "auto-eco-organización" en los términos de Morin (p. 127).

En ese orden de ideas, al dispositivo pedagógico pueden articularse las teorías de las situaciones didácticas (Brousseau,1981), de la transposición didáctica (Verret,1975 y Chevalard,1991) y de estrategias de enseñanza y aprendizaje (Monereo, 1994).

Transposición didáctica

La transposición didáctica (Chevallard, 1998) identifica y subraya las relaciones de diferencia, ruptura y posibilidad de articulación entre el saber erudito y el saber enseñado que se despliega hasta el saber aprendido; en este sentido explora la relación entre *episteme, techné y poeisis.* Verret, (1975) quien fue el primero que identificó para propósitos educativos, esta situación, señalaba la exigencia de que el saber científico o erudito fuera fragmentado y descontextualizado para poder ser enseñado y aprendido, lo que implica una recontextualización.

Como indica Chevalard desde su noción de noosfera que se procede a:

> La selección de los elementos del saber sabio que, designados como ´saber a enseñar´, serán entonces sometidos al trabajo externo de la transposición didáctica, por oposición al trabajo interno, que se realiza en el interior mismo del sistema de enseñanza (1998, p. 17).

Reconociendo con Chevalard, que esta selección de contenidos científicos y disciplinares consiste en muchas ocasiones en verdaderas "creaciones didácticas" previas al acto de enseñanza, el proceso típico que sufren tales contenidos es el siguiente:

> Un contenido de saber que ha sido designado como saber a enseñar, sufre a partir de entonces un conjunto de transformaciones adaptativas que van a hacerlo apto para ocupar un lugar entre los objetos de enseñanza. El trabajo que transforma un ´objeto de saber a enseñar´ en un ´objeto de enseñanza´, es denominado la transposición didáctica (1998, p. 16).

La transformación de un contenido de saber preciso en una versión didáctica de ese objeto de saber puede denominase más apropiadamente ´transposición didáctica en *strictu senso*. Pero el estudio científico del proceso de transposición didáctica (que es una dimensión fundamental de la didáctica de las matemáticas) supone tener en cuenta la transposición didáctica sensu lato, representada por el esquema { > objeto de saber > objeto a enseñar > objeto > de enseñanza } en el que el primer eslabón marca el paso de lo implícito a lo explícito, de la práctica a la teoría, de lo preconstruido a lo construido (Chevalard, 1988, p. 16).

Este proceso de transposición no es simplemente una transferencia de un contexto científico a otro de enseñanza-aprendizaje, sino un proceso de adaptación creativa y de generación de "creaciones didácticas de objetos", que anticipa el proceso que un estudiante realizará también en forma similar, al transformar creativamente el objeto de enseñanza externo que el docente genera y presenta, en un objeto de aprendizaje propio que construye en el escenario del aula o en otro espacio educativo.

Por otra parte, como bien señala Chiappe (citado por Canto, 2012, p. 121), la transposición didáctica es un concepto clave cuando se realizan prácticas educativas mediadas por las TAC y en educación a distancia en general, que hacen más complejos los objetos de enseñanza, puesto que se convierten además y simultáneamente en objetos educativos virtuales sujetos a procesos de atención y de aprendizaje muy discontinuos, que el diseño instruccional debiera prever.

Situaciones didácticas

La teoría de las situaciones didácticas se orienta hacia el desarrollo de conocimientos matemáticos en situaciones artificiales que no se

construyen espontáneamente, pero que se puede extender a toda la educación en ciencias; siendo pertinente para elaborar la estrategia de experimentación como una situación artificial.

Esta teoría contiene dos elementos estelares, por una parte, la construcción de un contrato didáctico entre los sujetos implicados en el acto educativo y por otro la modelización de la enseñanza. Estos dos elementos apuntan a generar una alta implicación subjetiva e intersubjetivas de los participantes en la educación en ciencia, por una parte, y por otra a la reflexión y al aprendizaje de las propias situaciones, modelizándolas, para construirlas además como objetos teóricos en el marco de una práctica educativa reflexiva y profesional. Como define Brosseau (2007, p. 16), la situación es:

> Un modelo de interacción de un sujeto con cierto medio que determina un conocimiento dado, como el recurso del que dispone el sujeto para alcanzar o conservar en este medio un estado favorable.

En consecuencia, una situación didáctica es un modelo de interacción donde se orienta por parte de un docente, a un alumno o a un grupo de estudiantes, para que se apropien de un saber, en un sistema de relaciones y elementos establecidos explícitamente entre un alumno o un grupo, un medio con objetos o instrumentos con el propósito de lograr la generación de conocimientos y esquemas nuevos en los sujetos en formación; por lo que tal sistema es diseñado exprofeso para ofrecer una posibilidad a los estudiantes para construir por sí mismos un conocimiento nuevo y dado lo anterior, se considera un dispositivo diseñado (Brosseau, 2007, p. 19).

La situación didáctica modelizada puede incluir diversas fases consecutivas con distintas relaciones que establece un alumno dado, por ejemplo: intercambio de informaciones no codificadas, intercambio de informaciones codificadas, intercambio de juicios; así como acciones y retroalimentaciones con relación a la información, entre el sujeto y su medio (Brosseau, 2007, pp. 24-25).

A partir de las situaciones didácticas el docente puede darse cuenta de cuándo es necesario hacer una pregunta, introducir una

duda, confrontar dos explicaciones distintas de los niños sobre un mismo problema, hacer un comentario o dar una información para que los niños avancen en sus explicaciones y reflexionen sobre lo que piensan. Así mismo, debe diferenciarse entre las situaciones: didáctica, adidáctica y fundamental; estas últimas, son las que no logran cumplir los requerimientos de la primera.

Estrategias de enseñanza y aprendizaje

Dentro de las estrategias de enseñanza y aprendizaje, tiene un lugar estelar la de experimentación, que señala la necesidad de ir en forma progresiva desde una situación en la que se ponen en juego acciones y formulaciones de mensajes, hasta la validación de juicios formulados por parte de los alumnos; es decir, poniendo en práctica un proceso inductivo en el marco de un silogismo práctico (Martínez Rosas, Morales y Alejo; en Sañudo Guerra y Ferreyra, 2020, pp. 16-17).

Otras vertientes son la enseñanza y aprendizaje de las ciencias en la educación básica y las investigaciones sobre el aprendizaje y pensamiento infantil.

La enseñanza de las ciencias requiere un enfoque consistente en que los niños logren indagar el ambiente social y natural, eliminando concepciones erróneas (Kaufmann, 2000), manipulen materiales o realicen actividades experimentales, desarrollar capacidades cognitivas y actitudinales para enfrentar situaciones problemáticas, ya que el niño "aprende cuando modifica sus ideas y añade a ellas nuevos elementos para explicarse mejor lo que ocurre a su alrededor" (Candela, 1990, p. 14). La educación inicial lleva al niño a entender poco a poco la complejidad de todo lo que lo rodea, hasta otorgarle un sentido diferente (Lleixa, 2001).

El aprendizaje es un proceso activo caracterizado por la apropiación del conocimiento (Bodrova y Leong, 2004, p. 9), situado en el contexto sociocultural concreto.

Para Piaget el desarrollo precede al aprendizaje y por consiguiente es necesario conocer los niveles de desarrollo alcanzados por

los niños para poder conocer lo que van a ser capaces de hacer y adaptar los procesos de aprendizaje a esos niveles de desarrollo.

Para Vygotski, el aprendizaje precede e impulsa el desarrollo despertando procesos evolutivos que de otra manera no podrían ser actualizados, por lo que se trata de establecer en las situaciones educativas: la zona de desarrollo próximo, los niveles de desarrollo real y potencial y la ayuda del adulto o del par más experto.

En esta perspectiva teórica es muy relevante, "una relación dialéctica entre aprendizaje y desarrollo. Si se insiste que el desarrollo debe suceder primero, la enseñanza se reduce a la presentación de material que el niño ya conoce" (Bodrova & Leong, 2004, p. 12) provocando aburrimiento y desinterés por las actividades en un tiempo mediato y futuro. Aunque también puede suceder lo contrario, si se pasa por alto el nivel alcanzado se podría confundir el momento en que los niños están listos para aprender algo en particular y presentárseles un material que los frustraría debido a su grado de dificultad.

Una de las ideas principales que aportan Bodrova y Leong (2004) destacan que para que se desarrollen las acciones y el desarrollo de capacidades del niño, intervienen las concepciones de las ciencias, no solamente de los niños sino también de la misma educadora, pues las ideas del maestro median o influyen en lo que el niño aprende y cómo lo hace.

Según Landreth (en Hildebrand, 1993), los niños pueden ser capaces de realizar diferentes operaciones intelectuales: reconocer un problema: cognición, memoria; usar la información, encontrar una respuesta correcta, pensamiento convergente; y divergente y pensamiento evaluativo.

Es tarea del docente orientar los procesos cognitivos infantiles y la resolución de los problemas para que puedan aprender por su cuenta mediante una actividad autodirigida en un futuro. A partir de la intervención docente se pretende que evolucionen las concepciones del niño sobre el medio y desarrollen su actitud científica y su pensamiento lógico, aunque muchas de sus concepciones o explicaciones sean erróneas a los ojos de los adultos, es poco probable que se modifiquen a partir de memorizar un procedimiento dicho por la docente,

en la realización de un experimento, en todo caso esto se logrará "al confrontarlas con nuevas experiencias, y al razonar sobre las opiniones que les dan otras personas" (Candela, 1990, p. 14).

Actitud científica y estrategia de experimentación

Curiosidad, duda, indagación, cuestionamiento y anticipación, "se consideran actitudes que el docente enseña de manera intencional en un marco didáctico que lleva a otorgar nuevos significados a lo que ocurre en el entorno (Perazzo 2002, p. 31).

El rol de los docentes incluye reconocer su propio interés o desinterés acerca de la enseñanza-aprendizaje de la ciencia en la vida adulta y en la de los niños, ya que "las ciencias nos han sido enseñadas bajo una concepción de ciencia única, formada con conocimientos verdaderos y acabados, a través de estrategias expositivas, verbalistas, memorísticas; generando en muchos de nosotros muy poco interés y, en ocasiones, hasta provocando sentimientos de negación y resistencia (Perazzo, 2002, pp. 26-27).

Se puede definir una actitud científica de los niños y de los docentes como una disposición intelectual y afectiva hacia "la formulación de hipótesis y su verificación posterior a través de las experiencias adecuadas, apoyándose y desarrollando la actividad espontánea de investigación de los niños" (Candela, 1990, p. 13).

Para desarrollar esta disposición, es fundamental que los niños lleven a cabo los experimentos, por lo que se debe abandonar la práctica de presentar los experimentos como una demostración mecánica, pues la estrategia de experimentación permite el potencial de conocimientos, actitudes y procedimientos, lo que quedará anulado si solo se presentan las actividades experimentales como mera rutina.

Se propone un recorrido didáctico como parte de una estrategia de experimentación, consistente en las siguientes etapas: observación y formulación de hipótesis, registro, actividad de experimentación, registro de la educadora, puesta en común, confrontación de las hipótesis con lo experimentado en la actividad, registro de la confrontación e información relevante (Martínez Aguilera *et al*., 2017).

La estrategia de experimentación permite a los niños incorporar, aclarar, comparar y comprender información, pues con las actividades experimentales se estimula en los preescolares las capacidades de observar, formular hipótesis, anticipar resultados y contrastar ideas, construyendo explicaciones sencillas acerca de los fenómenos que ellos conocen o que ocurren a su alrededor y aún no han fijado su atención en ellos (SEP, 2005).

Las actividades incluidas en esta estrategia requieren una planeación y organización minuciosa, en cuanto a los propósitos que se quieren favorecer, espacios, tiempos, organización de los niños: por equipo, de manera individual o grupal; incluyendo la revisión y previsión de los recursos materiales necesarios para que se lleve a cabo la actividad experimental; así mismo, es responsabilidad del docente hacer interesante y retadora la actividad y atender la complejidad del grupo.

Conclusiones

Desde la perspectiva de la complejidad, la multirreferencialidad y la articulación diversos conceptos, como el dispositivo pedagógico, la situación didáctica, la estrategia de experimentación, el pensamiento y aprendizaje infantil y del adolescente y la docencia, son susceptibles de articularse en un entramado teórico con alta potencialidad analítica y pedagógica

La importancia de la enseñanza de las ciencias en el nivel básico radica en el favorecimiento que se hace de las capacidades cognitivas de los alumnos, puesto que a partir de la experimentación se complejiza su mirada acerca del ambiente natural.

Se espera que este esfuerzo de producción teórica permita interpretar y orientar las prácticas educativas de la formación en ciencias desde el nivel básico, coadyuvando al conocimiento del hecho educativo en el contexto actual. Para lograrlo, es necesario desarrollar proyectos de investigación y dispositivos de enseñanza de las ciencias en centros escolares del nivel básico.

Referencias

Ardoino, Jaques. (2005). *Complejidad y formación*. FFyL-UBA/Novedades Educativas.

Bartolini, P. y Fabboni, F. (1990). *Nuevas orientaciones para el currículum de la educación infantil.* Paidós.

Bodrova, E. & Leong, D. (2004). *Herramientas de la mente. El aprendizaje en la infancia desde la perspectiva de Vigotsky.* Col. Biblioteca para la actualización del maestro, SEP.

Brousseau, Georges. (1981). *Problèmes de didactique des décimaux. Recherches En Didactique Des Mathématiques, 2*(1), 37–127. https://revue-rdm.com/1981/problemes-de-didactique-des/

_____ (2007). *Iniciación al estudio de las situaciones didácticas.* Ed. Libros del zorzal.

Candela, M. A. (1990). Cómo se aprende y se puede enseñar ciencias naturales. *Rev. Cero en conducta (20),* 13-17.

Canto, Pedro. (2012). *Educación a distancia y tecnologías de la información y comunicación. Educación a distancia y tecnologías de la información y comunicación.* Unas letras editorial.

Chevallard, Ives. (1998). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. 3ª Ed. Aique Grupo editor.

Chamizo, J. (2000), La enseñanza de las ciencias en México. El paradójico papel central del profesor, en *Educación Química,* 11 pp. 132-136.

Gallegos, L., Calderón E. y Flores Fernando. (2008). Aprendizaje de las ciencias en preescolar: la construcción de representaciones y explicaciones sobre la luz y las sombras. *Revista Iberoamericana de Educación,* N.º 47.

García Ruiz Mayra y Sánchez Hernández, B. (2006). Las actitudes relacionadas con las ciencias naturales y sus repercusiones en la práctica docente de profesores de primaria. *Perfiles Educativos,* 61-80.

Guisasola J. y Azcona R. (2005). *Diseño de estrategias centradas en el aprendizaje para las visitas escolares a los museos de ciencias*. Eureka.

Hildebrand, V. (1993). *Educación infantil. Jardín de niños y preprimaria*. Limusa.

Kaufmann, V. & Serulnicoff, A. (2000). Conocer el ambiente. Una propuesta para las ciencias sociales y naturales en el nivel inicial". En A. Malajovich, *Recorridos didácticos en la educación inicial.* Paidós.

Lleixa Arribas, T. (2001). *La Educación Infantil 0-6 años.* Paidotribo.

Martínez Aguilera, Manteca Aguirre, Vieyra García, Balcázar Villicaña, Leyva Venegas, Martínez Rosas, Delgadillo Cano, Becerra Esparza, Muñoz, González Vega y Moreno Benítez. (2017). *Fichero de actividades de experimentación para niños y niñas en edad preescolar: fenómenos físicos*. BCENOG. Disponible en: https://www.bcenog.edu.mx/pdf/descargas/fichero.pdf

Martínez Rosas y Fontaines-Ruiz. (2015). *Complejidad, epistemología y multirreferencialidad.* UTMACH. Disponible en: http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/6750

Morin, Edgar. (1996). *Introducción al pensamiento complejo.* Barcelona, Gedisa.

Peña González, G. y García Ruiz, M. (2019). *Actitudes hacia la ciencia y el ambiente en alumnas de la Escuela Nacional para maestras de Jardines de Niños. X Congreso Nacional de Investigación Educativa*. COMIE.

Perazzo, M. (2002). Enseñar ciencias naturales en el nivel inicial. En A. Malajovich (coord.), *Orientaciones didácticas para el nivel inicial.* Dirección de Cultura y Educación de la Ciudad de Buenos Aires.

Sañudo Guerra, Lya y Horacio Ademar Ferreyra (comp.). (2020). *Miradas y voces de la Investigación Educativa II: Curriculum y Diversidad. Innovación educativa con miras a la justicia social. Aportes desde la investigación educativa.* 1a ed. Ed. Comunic-Arte; Universidad Católica de Córdoba. Facultad de Educación.

SEP. (2005). *Conocimiento del medio Natural y Social II.* SEP.

Souto, Martha. (1999). *Grupos y dispositivos de formación.* Buenos Aires, FFyL-UBA / Novedades Educativas.

Tarradellas Piferrer, R. (2001). Descubrimiento del entorno natural y sociocultural. En T. Leixa Arribas, *La educación infantil. 0-6 años.* Paidotri-bo.

UPN. (2000). *El niño y la Ciencia.* México, SEP.

Vázquez, Á. y Manassero, M. A. (2009). Expectativas sobre un trabajo futuro y vocaciones científicas en estudiantes de educación secundaria. *Revista Electrónica de Investigación Educativa, 11* (1). Disponible en: http://redie.uabc.mx/vol11no1/contenido-vazquez4.htm

Verret, M. (1975). *Le temps des études.* Librairie Honoré Champion.

Observación de seres vivos y formación de ciencias en preescolar

Olga Susana Correa Vanegas

En el siguiente trabajo se muestra una sistematización de experiencias sobre el proceso vivido al ofrecer a los alumnos de preescolar una manera distinta de trabajar el campo de exploración y conocimiento del mundo natural y social, con relación a la observación de las características de los seres vivos. El principal objetivo consistió en favorecer las capacidades de asombro, curiosidad y elaboración de preguntas, mediante una innovación con la que se desarrolló la formación en las ciencias de los sujetos participantes: 20 alumnos de educación preescolar con edad de 4 y 5 años, apoyados por una docente, durante el ciclo escolar 2018-2019.

Se buscó innovar en la forma de trabajar las características de los seres vivos y la observación en educación preescolar, de manera que los alumnos pudieran formarse aprendiendo a observar y que esto apoyará el proceso de la generación de preguntas a través de experiencias reales aprovechando su curiosidad y asombro, y cambiar el trabajo usual con solo imágenes o actividades formales, al abordar este tema en preescolar.

Se presentan las experiencias vividas durante la implementación de 3 ciclos de innovación que forman parte de la metodología de investigación-acción, con base en la hipótesis de acción que se estableció desde un inicio, además de las actividades que se llevaron a cabo con los alumnos. A continuación, se presenta la experiencia sistematizada acerca de los ciclos de innovación de la observación, con sus líneas de acción, actividades y resultados obtenidos.

1. Primer ciclo de acción

Se llevó a cabo la implementación de las líneas de acción y las actividades fueron aplicadas en el mes de Diciembre del año 2018 a 21 alumnos de segundo grado de preescolar. La última línea de acción se

realizó regresando de vacaciones en Enero del 2019. Durante la implementación en diciembre, se presentaron situaciones de inasistencia o cambio de actividades que impactaron en la aplicación o en relación con los tiempos y esto ocasionaba que las actividades no se implementaran completas y que se volvieran a retomar.

A continuación, se presentarán los resultados de las líneas de acción, se analizará el propósito, la actividad, lo que sucedió en la actividad, cómo funcionaron los recursos y la evaluación de la actividad en relación con los indicadores de observación en la matriz de datos construida desde el diagnóstico para identificar cómo han sido las observaciones de los alumnos.

Línea estratégica "Contacto directo con la naturaleza"

Esta línea tenía como propósito particular que los alumnos observarán de manera espontánea y directa diversos seres vivos (animales y plantas). Para esto se planteó una actividad que consistió en llevar a los niños animales y una planta para que pudieran interactuar con ellos a través de la observación e ir registrando sus comentarios al tener contacto con los seres vivos para identificar cómo impactaba la observación al tener una experiencia real con animales.

Se comenzó por poner caracoles en las mesas, una de las niñas lloró diciendo que le daba miedo, los compañeros le comentaron que no pasaba nada, la niña se mantuvo distante y poco a poco se fue acercando para observar; mientras los demás niños veían a los caracoles y los tocaban mientras hacían comentarios entre ellos. Al iniciar con la actividad, uno de los animales (el grillo) ya estaba muerto por lo que los alumnos no lo tomaron en cuenta. Por otra parte, se notó que al observar el pez los niños hacían inferencias en cuanto a la funcionalidad de algunas de sus partes y en relación con qué era lo que comía, con el caracol se identificaron más comentarios en relación con la observación, pues este animal se movía y los niños tenían más oportunidad de tocarlo y verlo arrastrarse. La planta no fue observada, los alumnos la dejaron a un lado y no tenían interés por verla, se dirigían más con los caracoles y con el pez.

En esta línea se favoreció el objetivo específico, pues los alumnos tuvieron el contacto directo con los seres vivos, observaron y comentaban sobre ello. Los recursos implementados apoyaron al cumplimiento de este, aunque en un replanteamiento se considerará llevar más variedad de seres vivos.

Para fines de evaluación se categorizaron los comentarios de los alumnos en la matriz de datos cualitativos diseñada desde el diagnóstico para ver qué sucedió al aplicar la línea estratégica "contacto directo con la naturaleza". Al categorizar los datos se encontró que la mayoría de los comentarios eran sobre inferencias, esto indicó que la observación espontánea los hace hacer inferencias sobre lo que están viendo en el ser vivo. Sus comentarios eran supuestos que ellos concluían al ver a los animales, suponían que tenían hambre, lo que comían, el porqué de sus comportamientos, entre otros.

También se identifica que las inferencias surgen a partir de las experiencias que los niños tienen o han tenido y van configurando sus ideas sobre el por qué los animales tienen ciertas características, esta primera línea aporta conocimiento sobre qué saben los niños sobre estos animales y da pauta para ofrecer a los niños un ambiente en el que puedan aprender a partir de la observación y a la vez favorecer el cumplimiento del objetivo de esta investigación.

Tabla 11. *Tipos de observación infantil de los seres vivos.*

Observación espontánea	Observación y clasificación	Observación e inferencia	Observación de descubrimiento
Observa a simple vista y por sí mismo cómo es el ser vivo, sus características: color y morfología.	Además de observar, identifica las características externas y clasifica los seres vivos.	Observa características morfológicas y funcionales de las partes del ser vivo.	Observa algo en particular que no está visible a simple vista y comienzan a cuestionar sobre ¿Por qué pasa?

Me está viendo Está chiquita su boca Tiene caca Ya se metió, ya se salió. Si caminan van a chocar (al ver a dos caracoles) Está creciendo harto Está nadando *Es azul, amarillo, rojo y verde No hay una estrella de mar El pececito tiene una boquita chiquita.	El mío está más grandote.	El pez come agua porque va a tener sed. Se murió porque tenía frio y no le pusimos cobijita Le voy a hacer una camita y una cobijita para que no se muera. Los peces comen semillas (un niño se para y le echa una semilla de maíz que había en el salón) Si caminan van a chocar (al ver a dos caracoles) No sale porque tiene frío Quiere comer Parece que tiene hambre Pez quiere nadar.	

En esta matriz de datos cualitativos se registraron los comentarios que los niños fueron realizando durante la observación, los primeros diez comentarios fueron sobre las características morfológicas del pez y del caracol, pues los comentarios que hacían los niños tenían relación con lo que estaban viendo y con algunas partes del ser vivo

como ojos o boca. Se identifica solo un comentario en observación y clasificación, donde el niño hace una comparación entre un caracol y otro y asume que el de él es más grande.

Nueve de los comentarios fueron de observación e inferencias, en estos, los niños hacían comentarios sobre suposiciones al ver actuar las características físicas de los animales, si se movían, inferían que era debido a algo que el pez o el caracol sentían. En este sentido se identifica que la observación espontánea a través de la experiencia real con seres vivos lleva a los niños a hacer inferencias sobre el actuar de los animales y con esto se afirma parte de la hipótesis general de la investigación con relación al contacto directo con la naturaleza.

Línea estratégica "Observación guiada"

Fue la segunda línea diseñada y tenía como objetivo específico que los alumnos concentraran la observación en las características funcionales a través de indicadores de observación. Esto significa que se esperaba que los niños pudieran hacer una observación a través de preguntas que despertarán su interés en cuestión a la funcionalidad de las características físicas de los seres vivos. También se esperaba que los niños compararan ideas iniciales antes de hacer la observación y después de llevarla a cabo con la idea de que encontraran respuestas al estar observando.

Antes de dar a los niños los seres vivos se les cuestionó: ¿Los caracoles caminan? ¿Cómo lo hacen? ¿Los caracoles comen? ¿Qué comen? ¿Los caracoles se asustan? ¿Qué hacen? ¿Cómo nacen los caracoles? ¿De qué color son los caracoles? ¿Los caracoles pueden ver? ¿Cómo son los caracoles? Las preguntas fueron en relación con los caracoles debido a que había más para que los alumnos tuvieran uno cada uno y hubiera ese contacto directo. Al momento de realizar las preguntas, los niños estaban inquietos y cuestionaban sobre a qué hora veríamos a los caracoles, les comenté que antes de hacerlo debían contestar unas preguntas. Durante las preguntas los niños se quedaban en silencio pensando y después cuando alguien contestaba los demás respondían lo mismo o trataban de dar una respuesta.

Línea estratégica "Observación sistemática"

La implementación de esta línea tenía como objetivo específico favorecer la observación de cambios en los seres vivos a través de una observación sistemática y mediante un diagrama de flujo. La idea era que los niños tuvieran observaciones más intencionadas y en mayor tiempo para que día a día fueran descubriendo algo nuevo o algún cambio en los animales y con ello llegar al cuestionamiento o descubrimiento de algo nuevo.

Se organizó al grupo por mesas, pues solamente había un pez, este se iba rolando mientras los demás niños hacían otra actividad o dependiendo del tiempo una mesa lo observaba por día. En esta actividad se tenía contemplado que los niños tomaran una fotografía con el celular al día y se registrará un comentario sobre lo que habían observado y así sucedió, se tomaba una fotografía y yo iba registrando el comentario que hacía el niño en el momento. Cabe precisar que no se rescataron comentarios de todos los niños, hubo una selección de los comentarios que tuvieran relación con características físicas o morfológicas. Los registros se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 12. *Registro de las acciones de los alumnos. Observación del pez. Primer ciclo.*

Propósito: Favorecer la observación de cambios en los seres vivos a través de una observación sistemática y mediante un diagrama de flujo.		
Fecha	**¿Qué hicieron? ¿Qué aprendieron?**	**¿Cómo se sintieron?**
Miércoles 9 de enero	Kimberli: Estaba sentada, observando la pecera, se dio cuenta que estaba sucia y comentó que el pez tenía una boca muy chiquita y no se podía comer su comida.	Bien
Jueves 10 de enero	Daniel: Al inicio se mostraba indiferente, vio que el pez se movió y gritó: -Mira maestra el pez va a comer	

Viernes 11 de enero	Sophia y Esmeralda: Estuvieron recostadas observando al pez, al cuestionarlas qué hacían, dijeron que buscaban la cortadita que tenía el pez para respirar.	
Lunes 14 de enero	Yatziri: Tuvo la oportunidad de tomar el celular para ver a través del celular, me habló para comentarme que veía dos peces en la pecera.	
Martes 15 de Enero	Christopher: Se encontraba viendo y girando la pecera, al cuestionarlo dijo: -Maestra, estoy viendo el pez tiene sus aletitas para nadar.	

Durante el planteamiento de la actividad, me di cuenta de que los alumnos trataban de buscar en el pez lo que habían visto en el video, buscaban sus aletas, veían sus ojos, y buscaban las branquias, que fue lo más significativo y comentaban que buscaban la cortadita por donde respiraban los peces. Al ver lo que hacían y comentaban los alumnos, me di cuenta de que se estaba favoreciendo el propósito de la línea 2, pues ahora la observación estaba centrada en algo que los niños habían aprendido en los videos y trataban de encontrar en el pez lo que vieron en el video.

Solo algunos niños tenían la oportunidad de tomar las fotos, pero cuando lo hacían no enfocaban y tenía que volver a tomar la foto. Para los niños es emocionante tener un celular en sus manos para tomar las fotografías, sin embargo, aún no logran la suficiente autonomía para hacerse cargo y cuidarlo porque cuando uno de ellos tenía la oportunidad, descuidaban el celular para tomar fotos o comenzaban a pelearse por él. En este sentido, me doy cuenta de que el recurso implementado en esta línea es de interés de los niños, pero hace falta prepararlos previamente sobre el cuidado que debe tener.

Para la evaluación del plan de acción me di a la tarea de realizar una tabla, para ver de qué manera se fue atendiendo el objetivo general, la hipótesis y qué hay en relación con el estado A encontrado en el diagnóstico.

Tabla 13. *Matriz de impacto de las líneas estratégicas.*

Línea estratégica aplicada	Cómo favoreció el objetivo general	¿Qué sucedió con relación a la hipótesis general?	¿De qué manera dio respuesta a la pregunta de investigación?	¿De qué manera impacto para llegar al estado B?
Contacto directo con la naturaleza.	Se trabajó con experiencias reales que fueron de interés para los niños.	La observación de los alumnos fue más significativa al tener contacto directo con la naturaleza.	Hasta este momento los alumnos solo han puesto en juego la observación, aún falta atender el planteamiento de problemas.	A mitad de ciclo, los alumnos han puesto en juego su capacidad de observación, hablan sobre características físicas y realizan inferencias.
Contacto directo con la naturaleza.	Se trabajó con experiencias reales que fueron de interés para los niños.	La observación de los alumnos fue más significativa al tener contacto directo con la naturaleza.	Hasta este momento los alumnos solo han puesto en juego la observación, aún falta atender el planteamiento de problemas.	A mitad de ciclo, los alumnos han puesto en juego su capacidad de observación, hablan sobre características físicas y realizan inferencias.

Observación sistemática.	En relación con el objetivo, los alumnos no pusieron en juego la observación por descubrimiento como se tenía esperado.	Los alumnos observaron al tener contacto con los animales.	La observación sistemática puede ser una manera de llevar a los niños a la observación de descubrimiento pero requiere constancia y organización.	Los niños han logrado hacer observaciones cuando tienen relación directa con los seres vivos.

Al analizar los resultados me doy cuenta de que la primera línea me ayudo a favorecer parte del objetivo, la hipótesis de acción, responder que a través del contacto directo con la naturaleza los niños ponen en juego la observación e ir avanzando en el logro del estado B.

Segundo ciclo de innovación

Objetivo: Poder identificar qué tipo de descripciones hacen los niños durante o después de la observación para comprender las características de los seres vivos.

Las actividades que se seleccionaron como experiencia son 3, se llevaron a cabo en el mes de mayo, a 21 alumnos de segundo grado de preescolar. Cabe mencionar que algunas de las actividades fueron producto de interés de los alumnos y no se encontraban en el proyecto de innovación. Después de realizar actividades de observación, los alumnos están más atentos y son capaces de observar algo que les llama la atención y enseguida lo comunican a la maestra.

Actividad: ¿cómo es mi mascota?

La actividad se encuentra inmersa en la línea estratégica: "la descripción de las características" previo a esta actividad se realiza-

ron otras donde los niños comprendieran qué decimos al describir, comenzamos por la descripción de ellos mismos, esto les ayudó a comprender a qué me refería en cuanto les preguntaba ¿cuáles son sus características? Y los niños comenzaban a describir y comentar cualidades.

Se decidió llevar a cabo el trabajo de la descripción de características con animales, para esto se les entregó un formato de tarea para que pudieran hablar sobre las características de sus mascotas. Para la realización de esta actividad se pidió apoyo a los padres de familia y se les comentó que ellos no podían intervenir, que era importante que escribieran tal cual los niños describían.

Al momento de revisar los trabajos de los niños identifique que comentaban características físicas y funcionales. Con las primeras me refiero a aquellas descripciones que los niños hacen sobre sus animales y se refieren a todo lo físico que en este caso tiene que ver con su cuerpo y las funcionales se refieren a lo que los niños pueden decir sobre: su alimento, su movimiento, la función de alguna parte de su cuerpo etcétera. Al analizar la información de los registros me di a la tarea de revisar lo que menciona Tarradelas (2001) en cuanto a la descripción de las características de los seres vivos durante la observación y ella comenta que los niños de 4 años son capaces de identificar características morfológicas como forma del cuerpo, color de las plumas, textura, olor, tamaño en relación con otros seres vivos así como las características funcionales como la forma de caminar, de qué se alimenta, con qué parte de su cuerpo lo hace, cómo se comunica, cómo se protege, de quién se defiende, entre otras.

Después de esto se cuestionó sobre lo siguiente ¿Qué tanto han descrito los alumnos en cuanto las características físicas y funcionales? ¿Qué haría falta para que los niños lograran identificar todo lo que implica las características? Me di a la tarea de organizar la información de los niños en cuanto a sus descripciones de las características, pero ahora solo enfocándome en lo que demanda las físicas y funcionales.

Tabla 14. *Matriz de datos cualitativos "Descripción de características físicas y funcionales".*

Nombre del Alumno	Mascota	Características Físicas				Características Funcionales		
		Cuerpo	Color	Textura	Tamaño	Alimento	Comunicación	Desplazamiento
Kimberly	Gato	Ojos, cabezacola	Café			Croquetas		Mueve la cola
José Iván	Perro	Ojos Cabeza Patas Orejas	Café Amarilla Amarillas			Croquetas		
Guadalupe	Pollos	Ojos Cabeza Patas Alas	Patas doraras Alas blancas		Cabeza grande Alas grandes	Comen mucho		
Sophia	Perro	Ojos Cuerpito 4 patitas Hoyitos Uñas		Pelos				
Miguel	Gato	Ojos Cabeza orejas	Gris con blanco	Peludo	chiquito			
Pedro	Pato	Plumas Patas Alas				Come pan y lechuga Maiz con el pico	Cuack cuack	

Una vez organizados los datos pude encontrar riqueza en cuando a las descripciones que hacen los niños, me parece interesante en primer lugar ver cómo la mayoría de ellos maneja las características físicas del cuerpo, considero que esto es porque los alumnos están

más familiarizados con estas características pues también trabajamos las de ellos como persona se identificaban cabeza, ojos, etc., y son las que ven en sus mascotas también; de igual manera que hay alumnos que logran observar algo más que el cuerpo y hablan sobre la textura y el tamaño, aunque son pocos los alumnos que logran captar esto, me alegra que al menos ellos han logrado algo más y la observación y el contacto directo les ha permitido identificar esas características.

Me intereso al ver que algunos niños han observado algo más que lo que se puede ver a simple vista, mediante sus actividades de observación han aprendido a poner atención e identificar qué comen sus animales, con qué lo hace y el sonido que producen. En el caso del pato, el alumno retoma pocas características físicas pero lo suyo es hablar sobre cómo come el pato, qué come y qué sonido produce. Estos resultados me generan preguntas como ¿En qué consiste el tipo de características que describen de los seres vivos? ¿Las experiencias? ¿Cómo han apoyado las propuestas desde mi plan de acción sobre la observación para que los niños lleguen a captar esa información? Respecto a lo que Rosa Tarradelas menciona sobre las características físicas y funcionales, considero que es importante señalar que, al momento de observar y describir las características físicas, no se debería ser tan general en que los niños hablaran sobre textura, cuerpo, tamaño, entre otros si no especificar qué sucederá de acuerdo con los procesos o experiencias de observación que los niños tienen con los seres vivos.

Actividad "Los insectos"

Esta actividad, surge a partir del interés de los alumnos, en realidad no estaba diseñada en el proyecto de innovación sin embargo una vez que realizamos actividades de observación, los niños encuentran algo y me llaman para ir a observar y preguntarme algo o hacerme un comentario. Esta actividad comienza porque un día llegaron 3 niños a decirme que habían visto unas hormigas que estaban debajo de una piedra y comenzaron los comentarios "yo también he visto maestra" "vamos a ver". En este momento decido que sería un buen momento para llevar a cabo la observación, les doy sus lupas a los niños y salimos al patio.

Al salir al patio, los alumnos encontraron cochinillas, a lo que ellos comentaban que se había hecho bolita, se grabó para poder rescatar en su momento los comentarios que los niños hicieran en cuanto a su observación. Seguimos caminando, los alumnos encontraron, arañas, escarabajos, hormigas, mariposas y lombrices.

Actividad "Visita del pato"

La actividad forma parte de la línea de acción de "la descripción" en esta línea se tenía como propósito que los alumnos practicaran la descripción de las características y después pudieran hacer una interpretación oral de lo observado. Los niños iban a llevar una mascota y la íbamos a describir. En esta actividad se habló sobre el pato, uno de los alumnos tenía un pato y lo llevó a manera de sorpresa al salón de clase, pues los demás alumnos del grupo comentaban que nunca habían tocado un pato. Esta actividad pude notar que los niños estaban interesados y emocionados pues querían tocar al pato al mismo tiempo que comentaban entre ellos lo que observaban que el pato hacía y llegaron a formular preguntas.

Actividad "La oruga"

La oruga tampoco estaba contemplada, pero los alumnos la encontraron a la hora del recreo y enseguida me llamaron para mostrarme lo que habían encontrado. Los alumnos me comentaron que habían visto "un gusanote" en seguida fui a ver y me di cuenta de que se trataba de una oruga. Decidí llevarla al salón de clases y ponerla para que los niños la observaran, esta fue de gran interés y los niños comenzaban a hacer preguntas porque era un animal que no habían visto. Preguntaban sobre sus características físicas, y comentaban lo que observaban que hacía la oruga.

El trabajo con la oruga fue lo que más despertó su interés pues era un animal que no vieron todos. Cuando la llevé al salón y la puse en la mesa para que todos la observaran comenzaron las preguntas, los niños no dejaban de observarla y comenzaban a tocarla con cuidado y

con su dedo. Los niños que habían encontrado la oruga le decían "gusanote" pero los demás comenzaron a preguntar qué era, les comenté que se llamaba oruga y que pronto se convertiría en mariposa. Los niños seguían observando cómo se movía y seguían las preguntas en cuanto a las características físicas de la oruga. Fue la actividad donde puede identificar más preguntas.

Al analizar la información, me pregunto ¿Qué tipo de preguntas hacen los niños durante la observación? Contestar a esta pregunta me ayudará a tener más claro a dónde quiero llegar con los alumnos en cuanto a la formulación de preguntas. Glauert (2004) comenta que la observación lleva a los alumnos a preguntas de investigación, pero del mismo modo que con Tarradelas, es importante descubrir qué tipo de preguntas generan los niños en la edad preescolar y no tomar por hecho y de manera general que los niños van a formular todo tipo de preguntas. Un aporte a través de mi trabajo sería descubrir qué preguntan los niños cuando están en observación con los seres vivos. A pesar de que las preguntas fueron pocas, me di a la tarea de clasificarlas de acuerdo con lo que los niños preguntaron en cada una de las actividades. La clasificación quedó de la siguiente manera:

Tabla 15. *Preguntas de los alumnos sobre características físicas y funcionales.*

Preguntas sobre características funcionales	Preguntas sobre características físicas
Preguntas que demandan información en cuánto al ¿por qué suceden las cosas?	*Preguntas que van en búsqueda de información sobre una característica física desconocida*
- ¿Qué le pasó? - ¿Por qué huele tan feo? - ¿Se va a morir? (preguntaban cuando alguien más la tocaba) - ¿Muerde?	- ¿El pato tiene luenga? - ¿Tiene dientes? - ¿Maestra qué es eso? (refiriéndose a una franja negra) - ¿Pica?

Al clasificar las preguntas tuve dificultad al nombrarlas, pero me di cuenta de que las preguntas que realizaron los niños son sobre características tanto físicas como funcionales. En cuanto a los cuestionamientos funcionales los niños querían saber por qué sucedían cosas con los animales, tenían la curiosidad de saber por qué se murió, por qué olía feo y si la oruga se iba a morir.

Pude notar que la mayoría de las preguntas sobre las características físicas tenían que ver con lo desconocido por los niños. Por ejemplo, no es muy común verle la lengua y los dientes a un pato, al saber que la mayoría de los animales que conocen tienen dientes se cuestionan si el pato los tiene pues no es algo que puedan ver a simple vista. Pude identificar también que la oruga fue lo que más les causo preguntas, considero que fue porque era un animal desconocido para ellos, no lo habían visto y no contaba con las características que normalmente ven en otros animales. Ante esto rescaté que los niños generan preguntas cuando se enfrentan a lo desconocido y por supuesto es algo muy normal hasta en los mayores. Las preguntas que generaron los niños en estas actividades estaban relacionadas con las mismas características físicas y funcionales de los seres vivos, pero aquellas que no conocen y con aquello que no está a simple vista para ellos.

El objetivo de este ciclo consistía en descubrir qué tipo de descripciones hacían los alumnos sobre las características de los seres vivos en las actividades de observación y al analizar la experiencia me doy cuenta de que, si logran captar características físicas y funcionales, comentan sobre ellas, pero no en su totalidad. Algunos son capaces de identificar algunas partes del cuerpo, pero nada en cuanto a tamaño o color, otros retoman el color y la parte del cuerpo, y así van variando sus descripciones.

Las actividades de observación pueden ser un gran apoyo para los alumnos, pues les permite estar en contacto con los animales y aprenden sobre sus características. Las descripciones de los niños son de manera general acordes a su observación, pero la mayoría describe las características físicas del cuerpo. Durante mi trabajo de

innovación sería importante proponer actividades que los ayuden a descubrir a través de la observación todo lo que implica describir lo físico y lo funcional.

El objetivo también era identificar si las actividades propuestas habían generado preguntas en los niños. Al analizar la información me di cuenta de que los niños si hicieron preguntas, pero logré identificar algo más, las preguntas que realizan los niños se dan cuando no conocen o se enfrentan a algo nuevo al momento de observar un animal, tal fue el caso de la oruga. La sistematización me dio la oportunidad de identificar que en 3 de las actividades los niños llegaron a la observación de descubrimiento la cual consiste en que los niños observen algo en particular que no está visible a simple vista y comienzan a cuestionar sobre ¿Por qué pasa? Después de esta sistematización puedo decir que los niños necesitan algo más que lo que ven siempre, ofrecerles oportunidades dónde los esquemas de los niños cambien entre lo que saben y lo nuevo que desconocen.

3. Tercer ciclo de innovación

Actividad "Visita del veterinario"

La actividad comenzó con la visita del veterinario, los niños recibieron a los animales que él llevaba los cuales eran: conejos, patos, perros cachorros y un perro adulto. Al inicio de la visita se les hizo una introducción sobre lo que era el trabajo en una veterinaria, se pudo identificar a los niños muy inquietos por saber que era lo que traían y preguntaban constantemente qué era lo que había en la caja. Finalmente, se les mostró a los alumnos los animales, primero comenzaron con los conejos que eran 8 así que la mayoría de los niños tuvo la oportunidad de observarlos y tocarlos.

El conejo es un animal muy común que pueden ver en su comunidad sin embargo se podía identificar su interés por tocarlos y verlos, durante la actividad los niños se daban cuenta que los conejos no eran iguales, distinguían colores y en uno de ellos pudieron darse

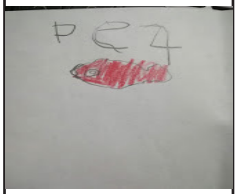
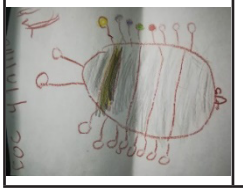
cuenta de que tenía los ojos de color diferente al de los demás. Después de los conejos, se les enseño a los niños los patos, estos eran animales que los niños ya habían visto pero esta vez eran patos pequeños. Se pudo identificar que veían sus patas en especial y las alas, así como el pico por lo que habían encontrado en la observación del pato anterior. Posterior a esto, los niños vieron al cachorro, lo cargaron y preguntaban constantemente si tenía pulgas. El perro adulto les causó mucha impresión pues era más grande y saltaba mucho, esto hizo que algunos se atemorizaran. Finalmente, por parte del veterinario obsequiaron al grupo un pez, los alumnos comentaban que ya habían tenido uno en el salón.

Actividad "Los animales y sus características"

Para la realización de esta actividad se tomó en cuenta a todo el grupo principalmente para cuestionar sobre todos los animales que habíamos visto. Al principio los niños no los recordaron todos por lo que tuve que irles mostrando fotos de las experiencias e hicimos la lista: los caracoles, el pez, el grillo, el pato, la araña, la oruga, conejos, etc. Conforme íbamos hablando sobre ellos íbamos comentando lo sobre "cómo era" ¿cuáles eran sus características? Mientras los niños participaban yo iba haciendo anotaciones de sus comentarios.

Durante esta actividad lo que más rescataba eran las descripciones, pero los niños no comentaban sobre alguna pregunta. Por lo que considero que esta actividad tuvo más respuesta a la descripción de los seres vivos observados a partir de los comentarios de los niños. Después de esto seleccione a los niños que tenían más habilidades para dibujar y que hicieran los animales vistos pues era importante que apareciera la imagen creada por ellos mismos. Se hicieron las anotaciones de las características que los niños comentaron y se fue construyendo el libro. Cabe mencionar que los niños ya no pudieron observar el producto pues ya había terminado el ciclo escolar.

Tabla 16. *Representaciones de los alumnos y características de los seres vivos trabajados durante el proyecto de innovación.*

Animal	Nombre y características	Animal	Nombre y características
	Pez -Tiene una boca chiquita -Tiene una cortadita por donde respira -Vive en el agua		Oruga -Huele feo -Es verde -Le salen cuernos naranjas -Se murió porque la tocamos
	Caracol -Tiene antenas -Tiene una bolita donde vive -Tiene baba		Araña -Tiene cuernos -Pica -Tiene patas -Es negra
	Hormiga -Tiene antenas -La encontramos en las piedras -se llevan las hojas -Pican		Abejorro -Parece una abeja, pero no es abeja -Estaba muerto -Tiene un pico con el que pica
	Pato -Hacen cuac cuac -Tienen lengua y dientes y nos pueden morder -Nadan en el agua -Se hacen popo -Está suavecito		Conejo -Estaban bien chiquitos -Tenías sus orejitas -Saltan para todos lados -Eran cafecitos o blancos
	Cochinilla		

En esta actividad se rescataron de manera general los comentarios de los niños con relación a las características de los seres vivos. Al momento de rescatar las descripciones identifiqué que los niños rescataron aquellas características que fueron más significativas para ellos y no fueron tantas como yo esperaba, sin embargo, considero que fue un aprendizaje para ellos, pues la observación apoyó para que ellos fueran capaces de ver características que no se aprenden en un solo dibujo o con una simple explicación.

Por otra parte, noté que en los dibujos que se hicieron de los animales, los niños representaban características que habían encontrado a partir de la observación, con esto puedo decir que el haber tenido esas experiencias reales con los animales tuvo un impacto, los alumnos pudieron ser capaces de representarlos y aparte hablar sobre ello. Al momento de que los realizaban podía identificar cuando expresaban entre ellos alguna característica y comentaban "te falto la lengua" entre otras características y pude notar mayor disponibilidad al hacer los dibujos y ya no era común escuchar un "no sé cómo se hacen" ahora trataban de representarlos de acuerdo con sus conocimientos.

4. Principales hallazgos

Una vez concluidos los ciclos de innovación, lleve a cabo la comparación del estado A y del estado B, pues esto me permitió identificar los logros después de la implementación de las líneas estratégicas. El estado A es la situación real e inicial en la que estaban los alumnos y que surgió a partir de un diagnóstico elaborado antes de la implementación de los ciclos de innovación. Los resultados dejaban ver que los alumnos de segundo grado de prescolar se encontraban en su mayoría en la observación espontánea en actividades que demandaban la observación de las características de los seres vivos. Esto significaba que sus observaciones estaban relacionadas con aspectos morfológicos en los animales los cuales tienen que ver con la apariencia externa que implica forma, color y estructura. Cabe mencionar que en el diagnostico los niños solo observaban a los animales que se les presentaron y sus descripciones de lo observado eran muy escasas

ya que la falta de interacción con seres vivos (en este caso animales) no les permitía dar algo más.

Con relación a los resultados del estado A, se decidió llevar a cabo el proyecto de innovación con el objetivo de que los niños avanzaran en su observación para apropiarse de las características de algunos seres vivos, trabajando en específico con animales y a través de experiencias reales, las cuales consistían en tener al ser vivo presente y que esto permitieran al alumno comprender y apropiarse de las características físicas y funcionales así como generar en ellos la observación de descubrimiento, en donde ellos fueran capaces de observar, expresarse y preguntar sobre algo de su interés a partir de la interacción y observación de dichos animales.

Para lograr el estado B, se implementaron 3 ciclos de innovación que permitieron ir dirigiendo el trabajo con los alumnos. De acuerdo con los resultados que se iban generando en cada uno de los ciclos y líneas, se llevaba a cabo la evaluación para identificar el logro intermedio entre el estado A y el estado B, con esto podía identificar qué línea no estaba funcionando para ya no aplicarla y aquello que funcionaba se seguía retomando, de manera que la observación de los niños fuera más diversa y no sólo se concentrara en observación espontánea. A continuación, presentaré la tabla de categorías de observación que me permitía categorizar las descripciones de los niños a partir de la observación.

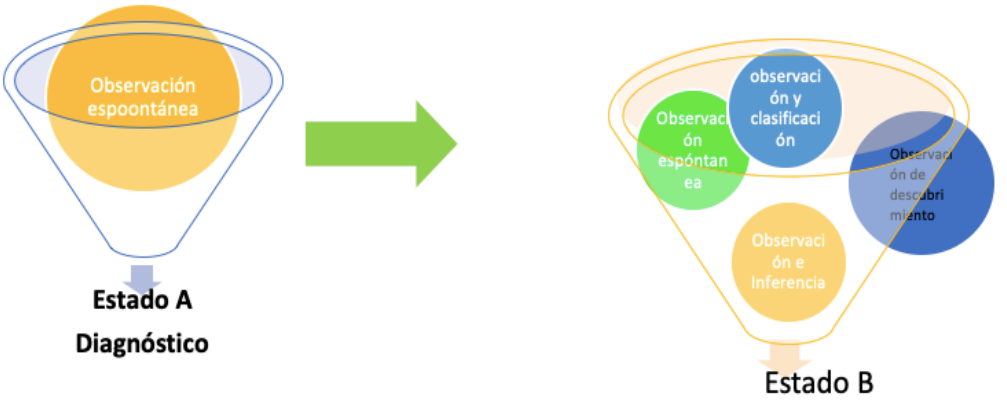
Tabla 17. *Indicadores de observación.*

Observación espontánea	*Observación y clasificación*	*Observación e inferencia*	*Observación de descubrimiento*
Observa a simple vista y por sí mismo cómo es el ser vivo, sus características: color y morfología.	Además de observar, identifica las características externas y clasifica los seres vivos.	Observa características morfológicas y funcionales de las partes del ser vivo.	Observa algo en particular que no está visible a simple vista y comienzan a cuestionar sobre ¿Por qué pasa?

Cabe mencionar que de acuerdo con las categorías de la tabla no se esperaba que los niños pasaran de una categoría a otra, pues no era un proceso de observación por el cual los niños tenían que pasar. Las categorías permitían ubicar a los niños en el tipo de observación qué hacían de acuerdo con las acciones que ellos realizaban en el momento de la actividad. Sin embargo, la intención de mi proyecto de innovación era que la mayoría de las observaciones de los niños fueran más allá de solo observar espontáneamente, que hubiera diversidad y que los niños generaran preguntas a partir de la observación que es un proceso que va más allá de solo mirar y comentar de manera breve lo que está a simple vista.

Una vez implementados los ciclos, me di a la tarea de construir los esquemas que me ayudaron a identificar los datos obtenidos al inicio y al final, es decir, el estado A y el estado B. Quiero aclarar que para poder representar los resultados de los estados me di a la tarea de representarlos de manera cualitativa ya que las actividades realizadas eran del trabajo general en grupo y no se midieron los avances de cada uno de los niños sino de todos en general. Los esquemas están representados de acuerdo con las categorías de observación, mismas que surgen a partir de categorizar las acciones más relevantes de los alumnos durante sus observaciones. En estos esquemas se puede identificar cómo fue la variedad de categorías de observación después de la implementación del proyecto de innovación.

Figura 8. *Resultados del proceso de innovación.*



Para tener otra visión sobre los resultados durante la implementación decidí agregar también dos gráficas que me permitieran dar una vista más general sobre la situación inicial y la situación actual de los alumnos después de la implementación del proyecto.

Figura 9. *Categorías de la observación en los estados A y B.*

Ahora bien, tanto en los esquemas como en las gráficas me permití mostrar cómo era la situación al iniciar con la investigación (estado A). En estos se puede observar que las acciones de los niños de segundo grado de preescolar se categorizaban en su mayoría en la observación espontanea pues la falta de experiencias y de este tipo de actividades tenían como consecuencia el poco interés de los alumnos, su acciones se categorizaban en la observación de características físicas a simple vista y la morfología del animal que observaban e incluso algunos se mostraban indispuestos a realizar las actividades haciendo notar su desinterés y temor al tener a los animales tan de cerca. Cabe menciona que en los gráficos se puede notar que no todos los niños estaban desinteresados, ya que sería imposible pensar que un niño de tal edad no le interesa la interacción con los seres vivos, sin embargo, la

investigación buscaba llevar a los niños más allá de la observación espontánea y que sus procesos y acciones durante la observación estuvieran más fortalecidos y que fueran más allá de solo observar las características físicas. Una vez implementado el plan de innovación durante tres ciclos, se pudieron identificar los hallazgos siguientes:

Las experiencias reales con los seres vivos son un recurso muy valioso para llevar a los niños al interés por descubrir y desarrollar más la observación que lleva a los alumnos a consolidar procesos en los que pueden clasificar, inferir y cuestionar sobre lo que pueden observar. Las categorías de observación, después de la aplicación son más variadas, pues las acciones de los niños durante estas actividades van más allá de la identificación de características físicas, podemos observar cómo los comentarios de los alumnos son categorizados en las diferentes observaciones. Las actividades propuestas llevaron a los niños a observar de manera más amplia, pues podían clasificar de acuerdo con características, encontraban similitudes y diferencias con otros seres vivos, inferían sobre características físicas y funcionales y se cuestionaban sobre lo desconocido o aquello que no estaba a simple vista.

En el estado B podemos identificar que las acciones durante la observación fueron más diversas lo cual me hace ver que las experiencias propuestas a los alumnos lograron que ellos dieran un paso más en su proceso de observación. Para comentar un poco más sobre los resultados de la observación de manera más visible, me di a la tarea de realizar una tabla que permitiera mostrar de manera general las acciones de los niños durante los ciclos de innovación. La tabla que voy a presentar a continuación está conformada por las categorías de observación y las acciones de los alumnos durante cada uno de los ciclos de innovación. Quiero resaltar que en la tabla aparecerán únicamente comentarios de los alumnos más relevantes durante la observación de características de los seres vivos, en algunos de ellos se podrá observar la diversidad que se fue dando a lo largo de todo el proyecto.

Tabla 19. *Comentarios/Preguntas más relevantes de los niños durante los tres ciclos de innovación.*

	Procesos y niveles de observación			
Ciclos de innovación	***Observación espontánea*** *Observa a simple vista y por sí mismo cómo es el ser vivo, sus características: color y morfología*	***Observación y clasificación*** *Además de observar, identifica las características externas y clasifica los seres vivos*	***Observación e inferencia*** *Observa características morfológicas y funcionales de las partes del ser vivo*	***Observación de descubrimiento*** *Observa algo en particular que no está visible a simple vista y comienzan a cuestionar sobre ¿Por qué pasa?*
Primer ciclo de innovación	Me está viendo Está chiquita su boca Tiene caca Ya se metió, ya se salió. Si caminan van a chocar (al ver a dos caracoles) Está creciendo harto Está nadando *Es azul, amarillo, rojo y verde No hay una estrella de mar El pececito tiene una boquita chiquita.		El pez come agua porque va a tener sed. Se murió porque tenía frio y no le pusimos cobijita Le voy a hacer una camita y una cobijita para que no se muera. Los peces comen semillas (un niño se para y le echa una semilla de maíz que había en el salón) Si caminan van a chocar (al ver a dos caracoles) No sale porque tiene frío Quiere comer Parece que tiene hambre Pez quiere nadar	

Segundo ciclo de innovación	-Mira maestra aquí encontré una araña una araña -Mira maestra se hace bolita (referido a la cochinilla) -yo encontré una arañota, ¡mira maestra! -Yo encontré unas hormigas -mira maestra, este negro es un escarabajo Está bien pesado -Está bien suavecito -Ni pesa -Tiene unos cuernos naranjas -Ahí tiene sus ojos		-No la pises, la vas a matar (a la cochinilla) -Aquí hay unas lombrices "se mueven maestra" ¡Guácala! Tiene hambre Come maíz	-¿por qué se hacen bolita maestra? -Mira una mariposa (la toca, pero la mariposa ya estaba muera) ¿Qué le pasó? -Maestra, ¿El pato muerde? -¿Tiene dientes? ¿Tiene luenga? -¿Maestra qué es eso? (refiriéndose a una franja negra en la oruga) -¿Por qué huele tan feo? -¿Se va a morir? (preguntaban cuando alguien más la tocaba) -¿Pica? -¿Qué es eso? (Refiriéndose a las antenas)
Tercer ciclo de innovación	Están bien suavecitos Se va, quiere saltar mucho Tiene una boca chiquita	El mío está más grandote (Refiriéndose al conejo) Estos patos están chiquitos El pato de Pedro Yan es grandote	El mío es cafecito y el tuyo blanco Los patos hacen cuack cuack Corre con sus patitas	¿Por qué tiene los ojos rojos? ¿Los conejitos comen zanahoria? ¿Tiene frio el perrito? ¿Tiene pulgas? ¿No muerde? ¿Por qué la pecera no tiene agua?

Para comenzar, al analizar la tabla de manera general se puede identificar que el indicador de observación y clasificación fue en el que no hubo comentarios durante los dos primeros ciclos de innovación y es hasta el tercer ciclo donde los niños observaron y pudieron clasificar identificando diferencias o similitudes entre los animales observados. Aún y cuando se identifican comentarios en este indicador la comparación que hacen con

otros animales es poca, pero se valora pues al inicio del primer ciclo los niños solo se limitaban a observar características físicas de un solo animal y al tener experiencias con otros animales les permitió comparar uno con otro.

Por otra parte se puede notar que los comentarios en el indicador de observación espontanea permanece durante los tres ciclos, con esto afirmo lo que comenta la Tarradelas (2001) pues los niños a la edad de 4 años son capaces de observar características físicas pero también agregaría que no las logra del todo, para esto es necesario tener el acercamiento con dichos animales para que pueda darse cuenta por el mismo sobre esas características físicas que tienen que ver con el cuerpo, el color, el tamaño y la textura pues no es lo mismo decir que el pato tiene plumas y es suave a que el niño lo experimente y aprenda sobre la textura de ese animal. Claro es también que no todos los animales pueden llevarse a la experiencia real, pues no todos están al alcance, pero podemos acompañar la experiencia con algún recurso tecnológico.

Las características físicas permanecerán siempre durante la observación, si los niños saben cómo se llama la parte del animal que están observando la mencionarán y si la desconocen harán una inferencia sobre su nombre, como fue el caso de los cuernos en lugar de decir antenas. A partir de la aplicación de los tres ciclos de innovación me di cuenta de que las características físicas serán lo primero que observen los niños durante la experiencia, pero una vez que esto es contante llegarán a algo más. También se puede notar que durante el segundo y tercer ciclo de innovación comenzaron a aparecer las preguntas sobre lo que observaban, podría parecer extraño que los niños no se hicieran preguntas desde el primer ciclo si están en una etapa donde todo les causa curiosidad, pero en el primer ciclo los niños tuvieron su primer experiencia durante ese ciclo escolar en aula con animales y puedo decir que su primeras acciones fue relacionar lo que sabían con lo que estaban observando, llamaban a las partes del caracol como ellos creían que se llamaban y comentaban sus funciones a partir de lo que ellos inferían.

Con relación a lo observado en los niños retomo lo que comenta Gallegos (2008) sobre aquellas actividades que se trabajan en preescolar relacionadas con la biología y me di cuenta de la importancia que tiene el que tengan actividades con sentido para ellos, esto es que tengan la oportunidad

de aprender del mundo que les rodea, que exploren, que observen, que se pregunten y que a través de las experiencias sean ellos mismo quienes aprendan sobre los seres vivos a partir de las oportunidades que brida el profesor.

Una vez analizado el proceso vivido por los alumnos durante el proyecto de innovación en cada uno de los ciclos se construyó un hallazgo más: los alumnos vivieron un proceso de acciones que los llevaron a comprender y plasmar las características del ser vivo a partir de la observación, el cual consistió no solamente en las actividades que la maestra proponía si no que los alumnos también iban orientando el trabajo de acuerdo con las necesidades y sus intereses. A continuación, presento el siguiente modelo para visualizar el proceso.

Figura 10. *Modelo de acciones para la observación de las características de los seres vivos.*

El modelo anterior fue elaborado a partir de los hechos encontrados durante el proyecto de innovación. Lo primero que se llevó a cabo fue ofrecer a los niños experiencias reales que consistían en que los niños vivieran la realidad de las características y que se pretendía que las descubrieran a partir de la observación, esto con relación a la hipótesis de acción.

Estas experiencias apoyaron para atraer el interés de los alumnos y también para familiarizarlos más con este tipo de actividades. Identifiqué que tener al animal en observación hacía que los alumnos describieran lo que observaban de acuerdo con sus posibilidades, pero

hacía falta que su proceso de observación y descripción fuera más amplió por esta razón continué modificando mi proyecto de innovación.

Para el segundo ciclo, la idea era que los niños tuvieran más herramientas para expresarse durante la observación, por esta razón y tomando en cuenta a los autores decidí que el siguiente ciclo consistiría en "educar la observación", con esto me refería a que en primera los niños debían tener más oportunidades de observación, en segundo abordar las características para que tuvieran más vocabulario y familiarización con la descripción.

Se trabajó principalmente con sus características físicas personales, luego esto se trasladó a objetos y a algunos animales, con el trabajo realizado los alumnos llegaron a la "comparación de características", "el "interés" y el "descubrimiento". Los alumnos principalmente comenzaban a buscar mediante la observación las características de un ser vivo en otro haciendo la comparación y esto les generaba un interés por saberlo y descubrir el por qué no los tenía, por qué no lo observaban y llegaban a la parte del cuestionamiento ¿Los patos tienen lengua?

La representación icónica viene al final del proyecto, en donde puedo identificar que los niños han representado los animales trabajados durante el proyecto, plasman características muy específicas y hablan sobre ello. En el ejemplo que aparece en el modelo, se trata de la oruga los niños han plasmado color, forma y aquellas características que fueron de su interés como lo fue la franja negra y las antenas de color naranja.

Las representaciones de los niños me ayudaron a identificar y reconocer su observación durante el proceso vivido y sus descripciones de las características de los seres vivos también han enriquecido aquello que para ellos fue lo más relevante y por supuesto de su interés.

Con este modelo construido a partir de mi trabajo puedo comentar que los alumnos de segundo grado de preescolar llegaron a fortalecer y complementar sus procesos de observación y llegaron a identificar gracias a ello características físicas, funcionales llegando al descubrimiento y cuestionamiento sobre lo observable o no observable.

Conclusiones

De acuerdo con la teoría de Tarradelas sobre la observación y a través de mi experiencia puedo decir que los niños pueden lograr observar

más que características físicas y funcionales, pero esto va a depender de las actividades y la cotidianidad que se viva en el aula con las experiencias reales con los seres vivos. Me di cuenta de que los alumnos son curiosos por naturaleza, pero cuando algo cotidiano entra al aula (como fue el caso de los seres vivos) pierden el interés en cuanto la docente interviene mucho y quiere formalizar el aprendizaje. Los alumnos requieren vivir la experiencia como una situación normal y depende de la docente interesarlos para que sean ellos quienes dirijan una investigación a partir de lo que observaron y se cuestionaron.

De las líneas más relevantes que se vivieron a lo largo de este trabajo fue cuando se trabajó con las descripciones, al parecer a los alumnos les hacía falta trabajar con vocabulario nuevo, identifique que después de este trabajo los alumnos expresaban más sus hallazgos en la observación y comenzaban a implementar es su vocabulario las características y no solo de los seres vivos si no que lo utilizaban en otros contextos, por ejemplo eran capaces de hacer adivinanzas a partir de la descripción de características.

Otro momento importante durante los ciclos de acción fue cuando los alumnos comenzaban a mostrar más interés sobre el mundo natural, era muy común que encontraran insectos a la hora del recreo y lo llevaran al salón para que todos lo observaran y preguntaban a la maestra sobre aquello que desconocían, considero que fue un momento muy relevante pues era por ellos mismos quienes estaban interesados por saber sus características y sobre todo porque se encontraban con partes del insecto que no habían visto en otros y llevaban a cabo la comparación y esto a las preguntas.

Considero que a partir del trabajo elaborado con los alumnos sobre la observación me demando estar aprendiendo al mismo tiempo con ellos, pues como docente tienes que estar preparada para sus cuestionamientos y su manera de conducir las actividades, pues a pesar de que se llevaba una planeación en ocasiones eran ellos quienes tomaban las riendas y tenía que cuidar que no se perdiera el objetivo de las actividades.

Haber llevado a los niños al proceso de observación me llevó a concluir que el trabajo con las ciencias en preescolar debe ser algo

cotidiano, con cada situación que surge del día a día se puede rescatar aprendizajes para los alumnos y en ocasiones queremos abordar contenidos tan formales que resultan aburridos y tediosos para los alumnos. Debemos saber cómo hacerlo interesante para los niños que a pesar de que están en una edad donde abunda la curiosidad, debemos saber respetarla y conducirla para generar aprendizajes en ellos.

Trabajar con experiencias reales permitió llevar a los alumnos a la observación de descubrimiento, si bien no todos llegaron a este punto, sin embargo, pude identificar que los alumnos pudieron observar no solo características físicas si no que se pudo notar que los alumnos comenzaron a hacer inferencias en las distintas actividades, clasificaron, compararon características y fueron capaces de representar lo aprendido durante la experiencia. Este tipo de actividades puede apoyar a los alumnos en su formación con las ciencias naturales y con ello abonar al perfil de egreso en educación preescolar el cual consiste en despertar la curiosidad y asombro que exploré el entorno cercano, plante preguntas, registre datos, elabore representaciones sencillas y amplíe su conocimiento sobre el mundo.

Referencias

Glauert, E. (2004). “La ciencia en los primeros años”, en *Curso de Formación y actualización Profesional para el personal docente de Educación Preescolar.* SEP.

Latorre, Antonio. (2003). *La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa.* Editorial Graó.

Moreno Bayardo, M. G. (1995). Investigación e innovación educativa. *La tarea, Revista de Educación y Cultura de la Sección 47 del SNTE.* núm. 7. Recuperado 13 de marzo de 2011, a partir de http://www.latarea.com.mx/articu/articu7/bayardo7.htm

SEP. (2017). *Educación preescolar. Plan y programas de estudio, orientaciones didácticas y sugerencias de evaluación.* SEP

Tarradelas Piferrer, Rosa. (2001). *La educación infantil 0-6.* (1), p. 237-248.

Luis Gilberto Granados Lara

La importancia de las habilidades del Siglo XXI

En el tiempo reciente, se ha visto con una mayor frecuencia la presencia de alumnos educación básica en participaciones que apuntan hacia áreas de formación en las que no era común profundizar, en particular, hablando de espacios en los que destaca que el uso de la tecnología, tal es el caso de la robótica educativa y, aunque hablamos aún de participaciones incipientes y de gran variación entre regiones, contextos y niveles, es preciso detonar su crecimiento y análisis por las implicaciones para el sector educativo y social.

Una forma de entender esas implicaciones del uso de la robótica educativa desde la educación básica tendrá su origen al identificar inicialmente las habilidades del siglo XXI, por la importancia que recientemente han cobrado y la forma en que han ido impactando los currículos en todo el mundo. Dichas habilidades hacen un recorrido para su análisis desde la parte cognitiva de la persona, pasando por aquellos que corresponden a la función ejecutiva y cierran un círculo en las habilidades socioemocionales. Encontraremos en el logro de las habilidades una adecuada justificación para la implementación de acciones que detonen su desarrollo desde la educación básica, ya que "ayudan a los individuos a autorregularse, perseverar, adaptarse y empatizar; a mostrar más resiliencia y confianza en sí mismos, y a tener mayores expectativas para su futuro" (Mateo-Diaz y Rhis, 2022, p.19).

Identificando además que, contamos con dos modelos de currículo, por un lado el modelo de producto que se centra en los resultados que implica tener énfasis en los resultados y en ellos los profesores siguen un programa exhaustivo, regularmente en contextos limitados en recursos y en los que se puede tener una experiencia de aprendizaje limitada para el alumnado por los mapas curriculares preestablecidos (OCDE, 2020). Por el otro lado, contamos con un modelo curricular de proceso, en el que los alumnos resuelven de forma activa los problemáticas planteadas a partir

de las experiencias de aprendizaje diseñadas por el docente, buscando desarrollar habilidades a través de dichas experiencias, siendo el modelo que incorporan países como Irlanda, Escocia o Finlandia (OCDE, 2020) además de ser utilizado en contextos donde hay pocas limitaciones y los profesores tienen una amplia libertad de flexibilidad para participar en el diseño de los currículos (Mateo-Diaz *et al*., 2022).

Mateo-Díaz (2019) hace referencia a que las competencias del siglo XXI pueden coadyuvar para superar las exigencias que implican los desafíos en la cuarta Revolución Industrial y en la que la inteligencia artificial automatizada tiene presencia, sumando las mejoras que pueden representar en la comunicación, la creatividad digital, el pensamiento crítico, la resolución de problemas, el trabajo en equipo, entre varios otros. Sumemos a las consideraciones anteriores que el mercado laboral está cada vez más polarizado y los trabajos con menor remuneración se centran de forma prioritaria en el trabajo manual, mientras que aquellas que tienen una mejor remuneración económica requieren de las funciones cognitivas de orden superior (Mateo-Diaz *et al*., 2022).

Luego de destacar la importancia que supone el desarrollo de habilidades en el alumnado desde la educación básica, por su impacto a mediano y largo plazo, conviene entonces profundizar las mejores maneras en que se puede transitar hacia la implementación de acciones que impacten en el logro de estas habilidades, siendo que ineludiblemente deberán tener origen y destino en el trabajo que realice el docente, haciendo necesaria una tarea de transformación de la práctica educativa para adaptarla a las necesidades de los estudiantes con miras el logro de las habilidades descritas anteriormente.

Fardoun, *et al.,* (2020) mencionan que, por ejemplo, los cambios que muchas instituciones educativas han realizado para consolidar una adaptación de su docencia, pasando la modalidad presencial en remoto, con una interacción cara a cara, pero mediada por videoconferencia, en muchos de los casos, sin realizar una transformación real de su docencia a la virtualización de la modalidad, expone la imperante necesidad de modificar la manera en que la tecnología aplicada al aprendizaje es usada, aunque se trate de equipo o recursos de bajo coste, posibles donaciones o equipo de reúso.

Refiriéndonos a México específicamente, la Coordinación General Aprende de la Secretaría de Educación Pública [SEP] (2016) identifica el desarrollo profesional docente como un requerimiento esencial para que el uso de la tecnología pueda coadyuvar a la transformación de esa práctica pedagógica y logren desarrollarse entornos de enseñanza y aprendizaje que impacten en las habilidades digitales y el pensamiento computacional de los estudiantes, que como se mencionaba antes, son consideradas habilidades del siglo XXI. En adición al docente cobra importancia también la figura del directivo de la escuela con la consigna de promover el liderazgo para la integración de las tecnologías de la información y la comunicación.

En este marco regional, la SEP (2016) destacaba desde el ciclo escolar 2016-2017 la intención de articular acciones orientadas para detonar habilidades digitales y hacía referencia a habilidades del siglo XXI tales como el pensamiento crítico, el pensamiento creativo, el manejo de la información, la comunicación, la colaboración, el uso de la tecnología, la ciudadanía digital, el automonitoreo y el pensamiento computacional, entendido como "el proceso que trasciende el consumo de TIC y deriva en la creación de herramientas tecnológicas, mediante un pensamiento lógico, matemático y algorítmico" (p. 43).

Las primeras acciones alineadas a esta visión de desarrollo competencial en el terreno digital, estaban planteadas a partir de una posible alineación de niveles te desempeño del uso de las TIC, definir los indicadores de logro, pasar por una etapa en la que se fijan las estrategias de acompañamiento a los docentes y, bajo el mismo plano, fortalecer a los maestros que se encontraban en formación, complementando con el ofrecimiento de recursos que pudieran ser útiles en diferentes contextos y este marco de referencia se pensaba que podría contribuir a definir acciones para el desarrollo profesional docente para el aprovechamiento de las tecnologías de la información y la comunicación (SEP, 2016).

Sin embargo, desde esas definiciones se identificaban muchas implicaciones hacia diferentes sectores que deberían trabajar de manera integrada para poder conseguir cambios a partir de colaboraciones estratégicas y potenciar las actividades que desde la parte oficial se pudieran proponer, desde los gobiernos estatales, el gobierno federal,

los organismos internacionales, la comunidad escolar, la sociedad civil, la industria o el poder legislativo, menester que no resultaría sencillo por las múltiples implicaciones y diversidad de contextos que representa el país.

A la postre, en el año 2019 y de la mano con las modificaciones al artículo 3° Constitucional y a la Ley General de Educación, en la que se hace referencia a la creación de una Agenda Digital Educativa Mexicana, se destacan limitaciones y tropiezos que han tenido las políticas públicas en la búsqueda del desarrollo de las habilidades digitales y computacionales de los estudiantes llegando ocasión pública en México en el nivel básico:

> Ciertamente, en el uso educativo de esas tecnologías digitales se han vivido años de avance y de estancamiento, de aciertos y de errores; pero es innegable que hoy esas tecnologías contribuyen a construir el nuevo paradigma de la digitalización de la educación, de la que podemos esperar un aprendizaje continuo, personalizado, virtual y en línea para toda la vida y en cualquier espacio y tiempo disponibles (SEP, 2020, p. 6).

En el contenido de la propia Agenda Digital Educativa Mexicana, se reconoce que gracias a este tipo de educación que destaca la educación digital es que pueden surgir iniciativas innovadoras en cualquier tipo y modalidad, en las que se incorporen herramientas, enfoques y metodologías educativas y tengan la posibilidad de permear en la esencia metodológica que progresivamente puede llegar a nuevos modelos de formación, además de destacar la automatización cognitiva de la inteligencia artificial y mencionar la robótica como otras experiencias más estratégicas de innovación educativa (SEP, 2020).

La robótica en la educación primaria

En México, en el tiempo reciente se ha abierto un abanico de organismos que intentan impulsar desde el nivel básico de la educación obligatoria el uso de tecnologías, a través de empresas, concursos o participaciones en las que estudiantes de educación primaria pueden comenzar parti-

cipar en el terreno la robótica educativa, aunque al momento la participación de la escuela pública aún es incipiente por las razones diversas que la limitan y de lo cual ya se ha hablado anteriormente en este texto.

De entre este tipo de propuestas, las metodologías STEM en las que se promueve la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, han encontrado eco en diversas instituciones y organismos públicos que han acercado a la educación este tipo de escenarios, en los que se promueve en los distintos niveles a modo de un movimiento coordinado por distintos entes, en su mayoría no gubernamentales, con el propósito de impulsar políticas públicas y acciones concretas para consolidar la Educación en STEM en México.

Un ejemplo de esto es la Alianza para la Promoción de STEM (AP STEM) que se trata de una iniciativa encabezada por el Consejo Coordinador Empresarial (CCE), el Consejo Ejecutivo de Empresas Globales (CEEG), American Chamber México (ACM) y la Cámara de Comercio de Canadá en México; en alianza con The Software Alliance (BSA) y con la coordinación estratégica de Movimiento STEM, A. C. Siendo esta última quien lidera los esfuerzos del Ecosistema STEM. Esta alianza está integrada por representantes de la iniciativa privada, organismos empresariales, organizaciones de la sociedad civil, academia, organismos no gubernamentales, nacionales e internacionales, centros de investigación, emprendimiento e innovación, así como especialistas en la materia, con el propósito de impulsar políticas públicas y acciones concretas para consolidar la Educación en STEM en México (Alianza para la Promoción STEM, 2019).

Valero (2017, citado por La Alianza para la Promoción de STEM en México, 2019) menciona que varios estudios documentan la necesidad de priorizar acciones que permitan la incorporación de los estudiantes a este tipo de actividades en los que la ciencia es permite desarrollar sus habilidades y potencialidades, siendo que los estudiantes comienzan a perder el interés por la ciencia en los últimos años de primaria o en los primeros cursos de secundaria, y que cuando llegan al bachiller seleccionan itinerarios de ciencias sociales y jurídicas en detrimento de las ciencias experimentales e ingeniería.

La educación STEM implica la interacción entre las materias implicadas, teniendo la posibilidad de vincular las matemáticas de manera

más sencilla con el resto y en el terreno del pensamiento computacional confluyen habilidades para la descomposición, la generalización, el pensamiento algorítmico, evaluación y la abstracción, todas ellas tendientes a facilitar la capacidad para resolver problemas. En este tenor, la robótica educativa sirve de vehículo para poder establecer adquisición de conocimientos en modo lúdico y desarrollar el pensamiento lógico y computacional (Zapata, *et al*., 2018).

Para fines educativos, la robótica se adaptó con un modelo de programación a partir de bloques que facilita la tarea para un menor en términos de programar un robot y facilitar el lenguaje de programación necesaria para resolver un problema, sumando la facilidad para adaptarse según el nivel de dificultad que pueda aceptar la edad cronológica del estudiante en términos generales.

Una primera noción de robot educativo que puede ser utilizada para desarrollar ese tipo de habilidades y competencias del siglo XXI presenta el robot educativo de la empresa LEGO, equipo que a partir de kits con diferentes componentes, dispone de una serie de sensores que permiten al robot leer el entorno y resolver una situación concreta que se le presente al estudiante, siendo capaces de detectar por vía ultrasónica, por medio de color y luz, a través de sensor táctil o de giro (Zapata *et al*., 2018) algunos elementos del entorno que el estudiante deberá considerar para resolver el reto en cuestión. A todo lo anterior hay que sumar la gran ductilidad que representa la marca LEGO en términos facilidad de uso en la experiencia de trabajo con niños.

Una posibilidad muy similar la ofrece la empresa ABILIX, con sede en Shanghái, China y con presencia en 31 países del mundo, contabilizando 42,000 instituciones educativas 1,520 universidades alcanzadas desde su lanzamiento en 1998, contando con modelos de una amplia variedad especificaciones, concretamente trabajando en nivel primaria con los modelos Krypton y Oculus, siendo una alternativa atractiva para el estudiante por el elemento lúdico, la característica modular y los elementos adicionales de luz, movimiento, música y software de programación permiten al estudiante apropiarse de la base de uso de una manera sencilla.

> Oculus 5 está dirigido a niños desde preescolar hasta primero de primaria. Partiendo de su interacción natural con el entorno, Oculus guía el desarrollo cognitivo de los niños para introducirlos a la lógica de programación de forma divertida y entretenida (ABILIX, 2021).

El lenguaje de programación por bloques y la aplicación multiplataforma ayuda a simplificar el proceso de programación del robot y las especificaciones para la aplicación misma no son demandantes, por lo que pueden ser instaladas en equipos de media gama; sin embargo el acceso a los kits supone un desembolso económico para las instituciones irá de los 10,000 hasta los 25,000 MXN. Los recursos sugieren ser una barrera de entrada para la mayoría de las instituciones de educación pública, por lo que deberá recurrirse a los mecanismos de gestión que la institución haya implementado para acercarse a los organismos gubernamentales o civiles que le permita acceder tipo de tecnología con fines educativos, situación es completamente posible a través de los mecanismos de gestión adecuados, aún en entornos desfavorecidos.

En el escenario de la implementación de la robótica educativa, no se minimiza el posible surgimiento de estas barreras de entrada, desde la compra del material robótico, hasta la necesidad de formar al profesorado y determinar una correcta organización áulica (Calafi, 2017), aspectos que cada institución va resolviendo de acuerdo sus propios mecanismos de gestión y administración, ya que no se ha encontrado desde la autoridad educativa oficial una forma de proporcionar el recurso de manera generalizada debido a que se sobreentiende que tampoco se tiene la capacidad económica ni operativa para otorgarlo de manera indiscriminada, por lo que tendrá que ser un proyecto emanado desde la propia institución educativa que tenga la inquietud de la visión para detonar procesos de innovación de la periferia al centro.

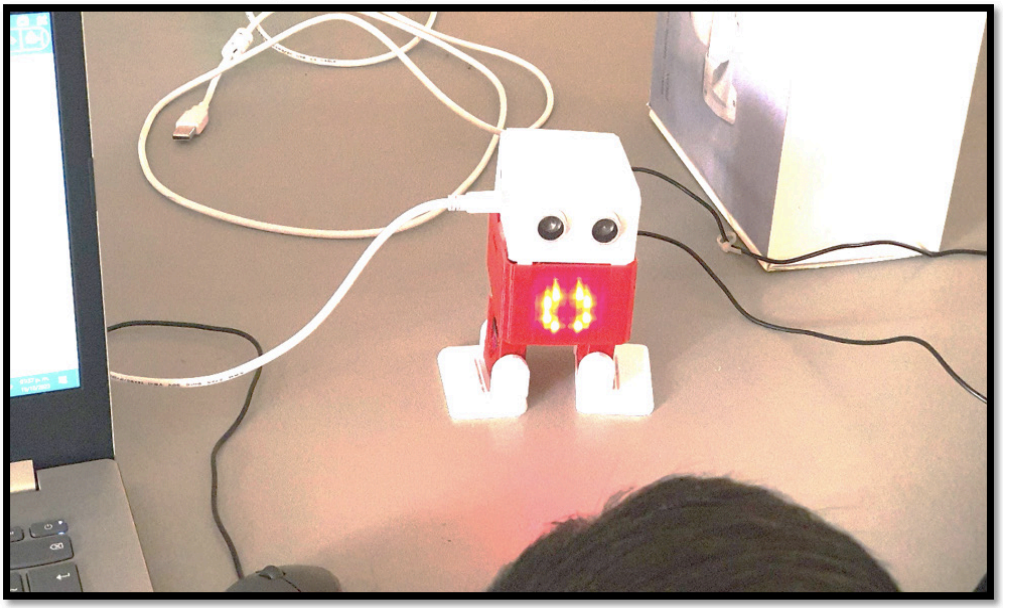
A la posible adquisición por compra o préstamo de un equipo de robótica educativa que permita el desarrollo de habilidades

del siglo XXI enfocados al pensamiento computacional, y hablando de las habilidades digitales, también hay que sumar el posible beneficio qué representa para las habilidades este tipo socioemocional y para el terreno de las habilidades blandas, ya que de manera anual, hasta antes del tiempo de pandemia del COVID-19, se realizaban concursos locales, regionales, nacionales y mundiales, que permite una estudiante enfrentarse con situaciones poner en práctica el trabajo colaborativo, el pensamiento crítico, la resiliencia y mulo de habilidades que le permitan enfrentar las situaciones que representa estar en competencia con otros pares en camino a demostrar las mismas habilidades en las que se han estado perfeccionando a través del uso de los de kits robótica educativa.

Igualmente, Ferrada, *et al*., (2020) encontraron evidencias sobre las implicaciones que representa el trabajar con la robótica educativa en el nivel primaria, favoreciendo el pensamiento lógico, los lenguajes de programación, aunado a las orientaciones espaciales, la respuesta a los desafíos y su relación directa con las habilidades académicas STEM y el cambio que representa en las prácticas educativas, enunciando que se trata aún de la representación de un gran potencial para la enseñanza de habilidades en áreas curriculares y estableciéndose como investigación prometedora por ser una herramienta educativa y de enseñanza.

Es preciso mencionar que actualmente existen proyectos que permiten integrar la robótica educativa con apenas un monto de desembolso económico menor, posibilitando que las placas Arduino se conviertan en un aliado para las instituciones que no cuenten con grandes posibilidades adquisitivas, además de los múltiples proyectos que circulan en plataformas para la impresión 3D, abriendo la posibilidad de democratizar esas opciones para instituciones innovadoras. Baste decir que los proyectos como OTTO han sido pioneros en abrir opciones para los entusiastas en estas áreas, brindando la posibilidad de construir prototipos y otorgando incluso el software de desarrollo para que las instituciones o personas puedan acceder a estos recursos, sin la limitante económica.

Gráfico 1. *Robot OTTO impreso en 3d, usando diseño y software gratuito.*



Nota: Robot OTTO, impreso en 3d a partir del diseño gratuito y el software de programación libre. Se realizó una inversión estimada de 1200 pesos.

Robótica en planes de estudios

En el terreno curricular podemos identificar una serie de aprendizajes esperados, tomando como referencia en el estado de Guanajuato y su organización para priorizar contenidos en tiempos de pandemia, en la asignatura de matemáticas pueden ser favorecidos contenidos a partir de la implementación de la tecnología educativa, en particular con el uso de la robótica educativa.

Si analizamos la progresión curricular que se detecta a través del Modelo de Concreción Curricular Para Primaria y Secundaria (CONCUPRISE) propuesto por el Estado de Guanajuato en respuesta a la identificación de aprendizajes esperados imprescindibles de los contenidos en el Plan de Estudios de Aprendizajes Clave (SEP, 2017) de la educación obligatoria, podemos tener en cuenta una referencia de posible impacto hacia el aprendizaje de los estudiantes en los siguientes:

Tabla 21. *Aprendizajes esperados susceptibles de favorecer con el uso de la robótica educativa de 1ro a 3er grado.*

PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO
Lee, escribe y ordena números naturales hasta 100.	Lee, escribe y ordena números naturales hasta 1 000.	Lee, escribe y ordena números naturales hasta 10000.
Resuelve problemas de suma y resta con números naturales menores que 100.	Resuelve problemas de suma y resta con números naturales hasta 1000. Usa el algoritmo convencional para sumar.	Usa fracciones con denominador dos, cuatro y ocho para expresar relaciones parte-todo medidas y resultados de repartos.
Calcula mentalmente sumas y restas de números de una cifra y de múltiplos de 10.	Construye y describe figuras y cuerpos geométricos.	Resuelve problemas de suma y resta con números naturales hasta 10 000. Usa el algoritmo convencional para restar.
Construye configuraciones utilizando figuras geométricas.	Estima, mide, compara y ordena longitudes y distancias, pesos y capacidades, con unidades no convencionales y el metro no graduado, el kilogramo y el litro, respectivamente.	Calcula mentalmente, de manera exacta y aproximada, sumas y restas con números hasta de tres cifras.
Estima, compara y ordena longitudes, pesos y capacidades, directamente y, en el caso de las longitudes, también con un intermediario.	Recolecta, registra y lee datos en tablas	Resuelve problemas de suma y resta con fracciones del mismo denominador (medios, cuartos y octavos).
Estima, compara y ordena eventos usando unidades convencionales de tiempo: día, semana y mes.		Estima, compara y ordena longitudes y distancias, pesos y capacidades usando metro, kilogramo, litro y medios y cuartos de estas unidades, y en el caso de la longitud, el centímetro.
Recolecta datos y hace registros personales		Compara y ordena la duración de diferentes sucesos usando la hora, media hora, cuarto de hora y los minutos; lee relojes de manecillas y digitales.

Nota: Aprendizajes esperados en los considerados imprescindibles del modelo de concreción curricular. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. *Aprendizajes esperados susceptibles de favorecer con el uso de la robótica educativa de 4to a 6to grado.*

CUARTO	QUINTO	SEXTO
Lee, escribe y ordena números naturales hasta de cinco cifras.	Lee, escribe y ordena números naturales hasta de nueve cifras y decimales.	Lee, escribe y ordena números naturales de cualquier cantidad de cifras, fracciones y números decimales.
Resuelve problemas de suma y resta con números naturales cuyo producto sea de cinco cifras.	Calcula mentalmente, de manera aproximada, multiplicaciones de números naturales hasta dos cifras por tres, y divisiones hasta tres entre dos cifras; calcula mentalmente multiplicaciones de decimales por 10, 100, 1 000.	Resuelve problemas de suma y resta con números naturales, decimales y fracciones.
Resuelve problemas de división con números naturales y cociente natural (sin algoritmo).	Diseña e interpreta croquis para comunicar oralmente o por escrito la ubicación de seres u objetos y trayectos.	Calcula valores faltantes en problemas de proporcionalidad directa, con un número natural como constante.
Estima, compara y ordena longitudes y distancias, capacidades y pesos con unidades convencionales: milímetro, mililitro y gramo, compara y ordena superficies de manera directa y con unidades no convencionales.	Resuelve problemas involucrando longitudes y distancias, pesos y capacidades con unidades convencionales, incluyendo kilómetro y tonelada.	Resuelve problemas de cálculo de porcentajes y de tanto por ciento.
Recolecta, registra y lee datos en tablas.	Resuelve problemas que implican calcular el perímetro de polígonos y del círculo, y el área de rectángulos con unidades convencionales (m2 y cm2).	

Nota: Aprendizajes esperados en los considerados imprescindibles del modelo de concreción curricular. Fuente: Elaboración propia.

La robótica educativa en el contexto de la Nueva Escuela Mexicana

En la reciente incorporación de los campos formativos como el mecanismo de educación de contenidos en el Plan de Estudios 2022 (SEP, 2022), con miras a eliminar la segmentación de aprendizajes y consolidar situaciones de aprendizaje multidisciplinarios, la robótica educativa representa una magnífica oportunidad para hacer propuestas didácticas que aterricen esa visión. Los contenidos y procesos de desarrollo de aprendizaje (PDA´s) que pueden ser

parte de proyectos integradores para consolidar cursos de robótica educativa en el aula, encontrando una vinculación que permita atender el diagnóstico socioeducativo de las instituciones escolares y darle pertinencia a ejercicios de uso de la tecnología con objetivos situados, en ese tenor podemos encontrar relación directa con los siguientes proyectos del programa sintético:

Tabla 23. Proyectos del programa sintético.

GRADO	CAMPO FORMATIVO	LIBRO DE TEXTO	TÍTULO	PROPÓSITO DEL PROYECTO
Primero	Saberes y pensamiento científico	Proyectos de aula	Mi cuerpo y sus movimientos	Conocer tu cuerpo y las dificultades que puedas tener para realizar algunas actividades. ¡Construirás una Mano robótica que te ayudará a tomar objetos fuera de tu alcance!
Primero	Saberes y pensamiento científico	Proyectos de aula	Lámparas de sol	Averiguar la manera de construir una Lámpara de sol, como una forma de ahorrar energía, y así emprender acciones en pro del cuidado del entorno natural.
Primero	Saberes y pensamiento científico	Proyectos escolares	¿Cómo construir un puente?	Conocer la flexibilidad de algunos materiales como el papel aluminio y el cartón. Esto permitirá descubrir que materiales puede usar para construir un Pequeño puente.
Primero	Saberes y pensamiento científico	Proyectos escolares	Los sonidos en la naturaleza	Conocer algunas características del sonido, para construir una Alarma sísmica que podrás utilizar en tu comunidad escolar.

Primero	Saberes y pensamiento científico	Proyectos escolares	Construyo resbaladillas y rampas seguras	Descubrir algunas características que tienen las resbaladillas e identificar cuáles son seguras, con esto sabrás las condiciones para una rampa segura.
Primero	Saberes y pensamiento científico	Proyectos comunitarios	¿Cómo mover objetos a lugares altos?	Utilizar una rampa como propuesta de solución a la dificultad de acceder o subir objetos a lugares altos en tu comunidad.
Segundo	Saberes y pensamiento científico	Proyectos escolares	¡El compactador escolar!	En esta aventura de aprendizaje, describirás algunos cambios que pueden tener los objetos cuando los aplastas. A partir de este conocimiento, diseñarás un compactador de botellas de plástico para facilitar el proceso de reciclaje y así disminuir la contaminación del medio ambiente.
Segundo	Saberes y pensamiento científico	Proyectos comunitarios	¿Cómo cargamos objetos pesados?	En esta aventura de aprendizaje, identificarás qué objetos pesados hay en tu comunidad y las dificultades que existen para moverlos. ¡Construirás una máquina que te ayude a cargarlos con facilidad!

Tercero	Saberes y pensamiento científico	Proyectos escolares	Construyamos un carro para la escuela	Experimentar con algunos objetos para conocer las características del movimiento y luego diseñar un carro que les permita transportar distintos objetos dentro de la escuela.
Cuarto	Saberes y pensamiento científico	Proyectos de aula	Optimizando las fuerzas	En este proyecto por indagación, con personas de tu comunidad, aplicarás diferentes intensidades de fuerza para movilizar un objeto y construirán un Carro transportador para mover objetos con menos fuerza.
Cuarto	De lo humano y lo comunitario	Proyectos de aula	Exposición de prototipos: propuestas innovadoras	En este proyecto de aprendizaje servicio, organizarás y participarás en una exposición de prototipos que muestre tus ideas para mejorar el funcionamiento de tu escuela.
Cuarto	Saberes y pensamiento científico	Proyectos escolares	Cuando cambió… ¿por qué cambió?	En este proyecto por indagación, investigarás, con integrantes de tu comunidad escolar y experimentando con distintos materiales, lo que se requiere para construir un prototipo que ayude a la desalinización del agua. Así, podrás describir y analizar distintos estados de agregación de algunas sustancias que se exponen a diferentes temperaturas.

Cuarto	Saberes y pensamiento científico	Proyectos escolares	Desalinizando el agua	En este proyecto por indagación, con estudiantes de tu comunidad escolar, realizarás el prototipo de un desalinizador de agua para purificarla y separarla de concentraciones de sal, utilizando propiedades del agua y la energía térmica.
Cuarto	Saberes y pensamiento científico	Proyectos comunitarios	Reciclamos la vida	En este proyecto por indagación, conocerás cómo influyen las actividades humanas en la contaminación del agua en tu comunidad. Con la participación de todas y todos construirán un prototipo de filtro de trampa de grasa para reciclar el agua del lavado de trastes y ropa para disminuir el impacto de la contaminación del agua, promoviendo así un uso más sustentable del recurso.
Quinto	Saberes y pensamiento científico	Proyectos de aula	¡Una bomba en mi cuerpo!	Identificarás las funciones del corazón y la importancia de sus interacciones con el sistema respiratorio mediante la exploración del modelo de un corazón humano.

Quinto	Saberes y pensamiento científico	Proyectos de aula	Objetos bailarines	Analizarás las propiedades del magnetismo y su relación con la electricidad. Experimentarás con la atracción y repulsión de objetos mediante experimentos de electromagnetismo para que después apliques este conocimiento en tu comunidad.
Quinto	Saberes y pensamiento científico	Proyectos escolares	¡Astrónomas y astrónomos en acción!	Conocerás las diferencias entre los cuerpos celestes y los satélites artificiales, y cómo estos últimos logran transmitir información a grandes distancias. Asimismo, en comunidad, construirás una antena receptora de televisión que te permitirá aprovechar las señales emitidas por los satélites.
Sexto	Saberes y pensamiento científico	Proyectos escolares	Iluminando mi escuela	Por medio de la experimentación con diversos materiales eléctricos, te aventurarás a elaborar una Botella luminosa mediante el uso de un circuito eléctrico para iluminar tu escuela.

Nota: Proyectos del plan de estudios 2022 que contienen elementos que pueden hacer referencia el uso de la tecnología en la formación científica básica, siendo susceptibles de abordarse a través de diversos planteamientos de la robótica educativa, desde el equipamiento básico, los kits educativos o simplemente desde la lógica del pensamiento crítico y la resolución de problemas.
Fuente: Elaboración propia a partir del Plan de estudios 2022 (SEP, 2022).

Conclusiones

El uso de la robótica educativa representa una alternativa que abone al desarrollo de habilidades para el siglo XXI, específicamente en las áreas de habilidades digitales y simultáneamente se consolide como un eje articulador transversal de un cúmulo de habilidades que le permitan al estudiante situarse con amplias posibilidades para desenvolverse en las sociedades del conocimiento del etapa actual y le permiten contar con expectativas suficientes para insertarse Revolución industrial 4.0 como agentes activos y productores de conocimiento.

Las implicaciones el docente comienzan desde la comprensión del papel desde el profesional de la educación que atiende su propia formación profesional y diseñe situaciones didácticas comprendiendo las necesidades específicas del estudiante y la transformación de las prácticas que pedagógicas a través de las que desarrolla su labor docente, respondiendo al rol formativo de la evaluación y la consolidación de metodologías activas que, adicionalmente, destacan por supuestos qué proponen los nuevos planteamientos el plan de estudios para México hacia el 2023, para lo cual también puede hacer uso de las dinámicas colaborativas (Mateo-Diaz, *et al*., (2022).

Para las instituciones educativas representa un reto interno en el que se debe demostrar el grado de autonomía e innovación que se han creado a partir de las propias sinergias del centro y se potencian a través de los mecanismos de gestión y vinculación con instancias públicas y particulares, siendo que el director o docente líder de la institución educativa es capaz de incentivar a través de la sensibilidad para detectar las necesidades de formación y desarrollo de habilidades de los alumnos y del propio cuerpo académico.

Finalmente, para los entes gubernamentales representa una posibilidad de adecuar la política educativa pública no sólo en el papel, pensando no necesaria currículo enfocado en el producto, sino en el proceso, en busca de un perfil de alumno que desarrolle habilidades que se inserten de manera natural en el perfil de ciudadano del siglo XXI y le permitan al estudiante proyectar una expectativa de éxito en su vida profesional y laboral próxima futura, situación que requiere de una vinculación muy cercano con

las instituciones educativas y una sensibilidad muy específica para incentivar a los docentes en servicio, pero al mismo tiempo propiciando mecanismos para el desarrollo de programas de formación docente que suponga dotar a los profesores noveles con habilidades mínimas necesarias para desempeñar la labor docente en áreas de las habilidades digitales.

Referencias

Abilix (2021). *Abilix México. Sitio Web del fabricante. Conócenos.* https://www.abilix.mx/inicio

Alianza para la Promoción STEM. (2019). *Visión STEM para México.* http://talentoaplicado.mx/wp-content/uploads/2019/02/Visioin-STEM-impresioin.pdf

Calafi, A. P. (2017). Robótica Educativa en Educación Primaria:¿ por qué y cómo? En *Propuesta de Innovación Educativa en la Sociedad de la Información* (pp. 15-27). Adaya Press. http://www.adayapress.com/wp-content/uploads/2017/07/C2.pdf

Fardoun, H., González, C., Collazos, C. A. & Yousef, M. (2020). Exploratory study in Iberoamerica on the teaching-learning process and assessment proposal in the pandemic times. *Education in the Knowledge Society,* 21, 171–179. https://doi.org/10.14201/eks.23437

Ferrada, C., Carrillo, F. J., Díaz, D. y Silva, F. R. (2020). La robótica desde las áreas STEM en Educación Primaria: una revisión sistemática. *Education in the knowledge society: EKS*. https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/201192

Mateo-Diaz, M., Rucci, G., Amaral, N., Arias Ortiz, E., Becerra, L., Bustelo, M., Cabrol, M., Castro, J., Caycedo, J.,Duryea, S., Groot, B., Heredero, E., Hincapie, D., Magendzo, A., Navarro, J. C., Novella, R., Rieble-Aubourg, S.,Rubio-Codina, M., Scartascini, C. & Vezza, E. (2019). *The future is now: Transversal skills in Latin America and the Caribbean in the 21st century.* Inter-American Development Bank. http://dx.doi.org/10.18235/0001950

Mateo, M. y Rhys, J. (2022). El poder del currículo en el siglo XXI. En Mateo, M. y Rhys, J. (Ed), *El poder del currículo para transfor-*

mar la educación: Cómo los sistemas educativos incorporan las habilidades del siglo XXI para preparar a los estudiantes ante los desafíos actuales (pp. 14-38). BID. https://publications.iadb.org/es/el-poder-del-curriculo-para-transformar-la-educacion-como-los-sistemas-educativos-incorporan-las

OECD. (2020). *Technical report: Curriculum analysis of the OECD future of education and skills 2030.* https://www.oecd.org/education/2030-project/contact/Technical%20_Report_Curriculum_Analysis_of_the_OECD_Future_of_Education_and_Skills_2030.pdf

Secretaría de Educación Pública. (2016). *Programa de Inclusión Digital 2016-2017.* Coordinación General @prende.mx

– (2017). *Aprendizajes Clave. Para la educación integral. Aprendizajes Clave. Plan y programas de estudio para la educación básica*. https://www.planyprogramasdestudio.sep.gob.mx/descargables/APRENDIZAJES_CLAVE_PARA_LA_EDUCACION_INTEGRAL.pdf

– (2020). *Agenda Digital Educativa ADE.mx.* Ciudad de México. https://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/64/2/2020-02-05-1/assets/documentos/Agenda_Digital_Educacion.pdf

– (2022). *Plan de estudios 2022.* SEP.

Zapata, A. S., Costa, D. G., Delgado, P. A. M. y Torres, J. M. (2018). Contribución de la robótica educativa en la adquisición de conocimientos de matemáticas en la Educación Primaria. Magister: *Revista miscelánea de investigación,* 30(1), 43-54. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6722243

Software de reconocimiento de voz para el aprendizaje de la lectura en primaria

María del Rocío Ofelia Ruiz

En las leyes de México y de muchos países, la educación en general y el aprendizaje de la lectura y escritura en particular, son derechos de toda persona y también obligaciones de impartirlas para los gobiernos. Cuando la enseñanza no cumple sus objetivos, cuando hay niños que cursan la educación primaria y no aprenden a leer, se violan sus derechos, además de convertirse en un problema que requiere atención inmediata por parte de docentes en cualquier nivel educativo en el que se presente esta situación.

¿Hasta qué punto son responsables los maestros, las autoridades educativas y hasta los padres de familia del fracaso en la enseñanza de esta habilidad lectora, que es fundamental para que los niños tengan un mejor desarrollo social y un mejor futuro? La convicción de quien esto escribe es que al menos los maestros deben buscar los medios para ayudar a los niños rezagados en la lecto-escritura, no solo como obligación profesional, sino también por solidaridad humana y para pagar una deuda que tenemos con los profesores que nos enseñaron. Este capítulo es una versión revisada y actualizada de un artículo publicado previamente.

La escritura ha sido considerada el medio fundamental para la transmisión del conocimiento entre las generaciones y las sociedades. La acumulación y sistematización de los conocimientos y su aprendizaje son indispensables para el desarrollo humano. Tan importante se considera a la escritura y a la lectura (como actividad asociada), que la aparición de los primeros testimonios escritos determinó el desarrollo social acelerado de los pueblos, lo que conocemos como Cultura y Ciencia. El fin de la Prehistoria y el inicio de la Historia, lo determina precisamente la aparición de la escritura. El aprendizaje de la lectura y la escritura se ha comparado a un despertar intelectual, a un nacimiento a la cultura letrada, cuya transmisión se hace mediante textos escritos (Bravo, 2000).

La “Tasa de alfabetización”, definida como el porcentaje de los habitantes mayores de 15 años de un país que saben leer y escribir, se considera desde luego un factor del desarrollo. El desempeño de los países en la alfabetización tiene que ver no solo con su nivel económico (recursos que destinan a la enseñanza), sino también con la importancia que le dan sus gobiernos a este aspecto fundamental cuando la cultura de la gente es la prioridad. Si vemos las estadísticas, nos damos cuenta de que incluso países con problemas económicos (a veces inducidos desde el exterior) alcanzan un grado de alfabetización, por ejemplo, Cuba con un 99.8% que lo sitúa al nivel de los países más letrados del mundo.

La tasa de alfabetización en México ha ido creciendo desde mediados del siglo pasado. El índice en el año 2018 era de 93.7%. Este valor, sin embargo, oculta un problema grave, pues no incluye a niños menores de 15 años (educación básica primaria y secundaria), que presentan rezago en la lecto-escritura, lo que implica que no tengan fundamentos suficientes para los estudios escolares subsecuentes; una consecuencia es la marginación cultural y laboral de estos niños.

Considerando lo anterior, este proyecto de innovación surgió a partir de la observación en mi práctica docente, en un grupo de tercer grado de educación primaria con un total de 21 alumnos, de los cuales cuatro no sabían leer. En casos como este el maestro tiene un serio problema, pues además de la necesidad de apoyar especialmente en el aprendizaje de la lectura a los alumnos rezagados, se requiere al mismo tiempo atender al resto del grupo en la adquisición de contenidos y competencias de acuerdo con los programas establecidos para ese grado escolar.

Como se explicará más adelante, dentro de la investigación realizada para la solución al problema de rezago en la lectura, se exploró el uso de herramientas tecnológicas acordes con las necesidades de esos alumnos. Se aprovechó el gusto que tienen los niños en la manipulación de algunos equipos electrónicos, lo que sugiere que las tecnologías de Información y comunicación (TIC) prometen ser un recurso o una herramienta apropiada e idónea. Específicamente se planteó el desarrollo de un software de reconocimiento de voz en apoyo al aprendizaje de la lectura.

Procesos de aprendizaje de la lectura

Cuando se desarrolla algún método o técnica que ayude a los niños a adquirir las habilidades lectoras, se debe partir de las investigaciones realizadas en este campo, que ilustran cual es el proceso intelectual que permite decodificar las letras, sílabas y palabras, y su integración mental para encontrarle significado.

Se acepta generalmente que el aprendizaje de la lectura y escritura no comienza al ingresar el niño a la educación básica, sino que requiere de una enseñanza sistemática que inicia desde los primeros años de vida especialmente cuando adquiere el lenguaje. Desde temprana edad es importante que al niño se le introduzca poco a poco en un ambiente lector, que le permita recopilar sus primeras experiencias como la escucha de cuentos por parte de sus padres o adultos cercanos, observar a otros niños que leen, ver anuncios en la calle o en la televisión.

Un aspecto especialmente importante es lo que se conoce como "Conciencia fonológica", esta se adquiere al realizar juegos con el lenguaje para descubrir semejanzas y diferencias sonoras entre las palabras, buscar las rimas, descomponerlas en sílabas y pronunciarlas con ritmo (sonando las palmas o marchando).

Presenciar y participar en actos de lectura, permite al niño aprender cosas interesantes: que se lee de izquierda a derecha, de arriba hacia abajo y que las ilustraciones o dibujos significan y representan algo de lo que se está leyendo, por ello la importancia de acercarle materiales con ilustraciones coloridas a los más pequeños y de esta forma llamar su atención y propiciar el gusto por la lectura. Todo lo anterior explica la enorme importancia que tienen los padres en el fomento a la lectura en sus hijos y la adquisición del gusto por los libros.

Respecto al proceso de aprendizaje de la correspondencia de los símbolos gráficos (letras) con los sonidos (fonemas) y su secuencia para formar palabras, algunos investigadores (Frith, 1986) describen un modelo el aprendizaje de la lectura en tres etapas, mismo que ha tenido amplio reconocimiento internacional. Según este modelo, se inicia con el conocimiento del significado de algunos signos visuales,

posteriormente viene una etapa alfabética, con la conciencia de que las palabras escritas están compuestas por fonemas que forman el lenguaje oral y la tercera etapa es la ortográfica, donde se produce la retención y el reconocimiento de las palabras completas.

Se deben tomar en cuenta las características de las grafías, la similitud visual, longitud de la palabra, regularidad ortográfica, categoría léxica, frecuencia, su pronunciación, el número de sílabas, la complejidad de las consonantes y vocales y la categoría gramatical. La identificación de las letras es un paso previo y necesario para el reconocimiento de las palabras y acceso a su significado, que es el objetivo real de la lectura. Si se trata de una lectura en voz alta habrá que recuperar la pronunciación, aunque ambos procesos, el acceso al significado y recuperación de la pronunciación se producen en forma automática en el momento en que reconocemos las palabras, cuando leemos en voz alta también se activan los significados y cuando leemos de forma comprensiva y silenciosa "oímos internamente" el sonido de las palabras (Cuetos, 2010, pág. 40).

Al ser la lectura una capacidad humana aprendida, que requiere de un trabajo conjunto entre la retina y el cerebro para la captación de las imágenes de las letras, su agrupación en sílabas y su posterior procesamiento del significado de las palabras. Es importante resaltar que la motivación que el niño tenga en la adquisición lectora juega un papel decisivo, debido a que la lectura es un proceso dinámico y su aprendizaje les deja una huella que perdura toda la vida, debe ser una experiencia agradable, llena de sentido y significado, donde no existan angustias al equivocarse, por el contrario, que estos errores les sirvan para fortalecer su aprendizaje.

Por lo tanto, los procesos cognitivos que se desarrollan en la lectura juegan un papel importante dentro del desempeño del alumno en el momento de comprender su propia realidad y la que le rodea. (Goodman, 1979) afirma que la lectura es "un proceso constructivo igual que un juego de adivinanzas psicolingüísticas que involucran una interacción entre el pensamiento y el lenguaje; estos procesos son sociales porque son utilizados por las personas para comunicarse". Mientras que (Ferreiro, 1982) expresa que la "lectura es un acto de

reconstrucción de una realidad lingüística a partir de los elementos provistos por la representación", es "toda actividad de asignación de un significado a un texto que precede a lo convencional".

En este contexto, la lectura no es un acto centrado en la identificación de letras ni de palabras, sino de significado. De allí que sea necesario potenciar, promover y direccionar una lectura significativa que conlleve al aprendizaje de herramientas del conocimiento al niño que se inicia en este proceso. Sabemos que el analfabeto aprende por palabras completas, mientras el alfabetizado lo hace descomponiéndolas en pequeños sonidos y que después puede unirlo para construir nuevas palabras. También es cierto que dependerá de la persona y del idioma. Por lo tanto, el proceso de la lectura no es igual para todos.

Para lograr el aprendizaje de la lectura, existen conexiones neuronales que promueven la integración entre los sentidos para favorecerlo, por eso se requiere que se promueva el uso de todos los sentidos en las actividades para su logro, por ejemplo: el concepto de manzana debe ir acompañado de la palabra, la manzana como fruto, la posibilidad de oler, descubrir tocando, leer la palabra repetirla, etc.

Ferreiro (1979) plantea la importancia de comprender la forma en que los niños interpretan los signos escritos o grafías, así como la percepción de la forma en que su medio ambiente tiene en sus significados. Como bien se sabe, los niños logran un aprendizaje de mejor calidad cuando el conocimiento proviene de las cosas que les rodean de manera inmediata y que se encuentran presentes en su medio ambiente de forma constante; por ello el docente debe tomar en cuenta los gustos y preferencias de los alumnos que presentan rezago en la lectura para crearles el gusto y a la vez la necesidad de aprender a leer; ya que:

> • Aprender a leer implica el desarrollo de estrategias para obtener el sentido del texto. Implica el desarrollo de esquemas acerca de la información que es representada en los textos. Esto solamente puede ocurrir si los lectores principiantes están respondiendo a textos significativos que son interesantes y tienen sentido para ellos (Ferreiro y Gómez, 1982).

• El aprendizaje de los niños en la lectura conlleva una gran complejidad en esta tarea, si verdaderamente desean convertirse en buenos lectores, requieren practicar varias horas diarias durante muchos años para lograr esta habilidad, debido a que el proceso de la lectura es un proceso largo que no termina, ni siquiera cuando el niño consigue pronunciar los textos (Cuetos, 2010).
• Leer implica dos situaciones que son inherentes: enfrentarse al texto escrito y comprender el mundo con todos sus seres y procesos, debemos entender entonces que la lectura es un proceso de ida y vuelta; del texto a la realidad y de ésta al texto nuevamente. Es por ello indispensable el aprendizaje sistemático y por un largo período de tiempo. La lectura es una tarea que requiere de herramientas para favorecer las habilidades para entender y comprender; Zuleta (1978) decía: "no hay textos fáciles, ni textos difíciles de leer, lo que hay son lectores fáciles y difíciles".
• La lectura representa una de las tareas fundamentales durante el tiempo escolar, principalmente durante los primeros años, ya que es de suma importancia y se encuentra por encima de cualquier otro aprendizaje, uno de los objetivos fundamentales de la escuela primaria es que los alumnos sean capaces de leer de manera eficiente.

Se aprende a leer, leyendo

Un hecho que pudiera parecer una simpleza es que para poder leer correctamente y con fluidez, se necesita practicar, leer y leer mucho. Stanovich (1984) encontró que los niños menores que muestran un escaso progreso en las primeras etapas de la enseñanza de la lectura son más lentos en años posteriores. También identificó que quienes acceden al vocabulario y al conocimiento a través de la lectura compensan las diferencias intelectuales y al contrario, la ausencia de "contacto con lo impreso", genera problemas de falta de motivación y pérdida de confianza en las propias posibilidades.

Entendido lo anterior, Stanovich llamó a esto el "Efecto Mateo", por una cita bíblica que pudiera parecer injusta en el ámbito econó-

mico: “Porque a cualquiera que tiene, se le dará, y tendrá más; pero al que no tiene, aun lo que tiene le será quitado.” -Mateo 13:12. En la lectura parece justo: el niño que hace el esfuerzo de aprender a leer y lee mucho, estará más capacitado para adquirir conocimientos para desempeñarse en una profesión y para tener mejor calidad de vida. Lo injusto es no darle esa oportunidad a tiempo y cuando más lo necesita que es al principio de la enseñanza elemental. En este sentido, Ferreiro (2007) dice respecto a la falla en la alfabetización que:

En América Latina existe una clara conciencia de la imposibilidad de alcanzar una democracia efectiva, mientras una parte de la población se mantenga fuera del acceso a la lengua escrita. A medida que pasan los años, el abismo de las desigualdades sociales es cada vez más grande. Gran parte de la humanidad entra en la era de la informática, mientras otra gran parte no ingresó aún en la era de Gutenberg (…) “…no hay garantías de terminar con el analfabetismo mientras la escuela primaria no cumpla eficazmente con su labor alfabetizadora. Es decir: mientras la escuela primaria siga expulsando a porcentajes considerables de niños que no logra alfabetizar, se seguirán reproduciendo los contingentes de adultos analfabetos (Ferreiro, 2007).

Los docentes utilizan diferentes métodos para la enseñanza de la lectura en sus prácticas docentes, pero cuando tratamos con niños con este rezago, coincidimos con Ferreiro cuando comenta que no importa en realidad que método de enseñanza utilicen sus maestros, el hecho es que con estos niños el método y el maestro fracasaron. Lo que debemos hacer los docentes es motivar a los rezagados a reiniciar el proceso de aprendizaje, puesto que sobre la alfabetización:

Es bien sabido que la discusión se ha centrado, históricamente, en el debate entre los defensores de los métodos analíticos (como el método global) y de los métodos sintéticos y en la unidad lingüística (o gráfica) utilizada como punto de partida: la letra, o el fonema (con confusiones flagrantes entre ambos), la sílaba, la palabra, la oración (…) Esta polémica, que ha llenado bibliotecas enteras, es en realidad una falsa polémica, porque ambas posiciones metodológicas comparten presuposiciones similares sobre la relación entre enseñanza y aprendizaje, sobre la manera de caracterizar al sujeto que

aprende, al objeto del aprendizaje y a los procesos de enseñanza y de aprendizaje (Ferreiro, 2007).

Cada uno de los métodos tiene serios problemas: Alegría (1985) comenta que cuando un niño aprende con el método global, puede leer solo un conjunto pequeño de palabras y es incapaz de separar los "fonos" que las forman, por lo que no puede leer palabras nuevas o pseudopalabras. De acuerdo con Ferreiro, los métodos sintéticos tienen el inconveniente que, si no se les da el seguimiento completo, el niño o el adulto se aburre de leer sílabas o palabras carentes de significado; "sé las letras, pero no las sé juntar". Probablemente la mejor forma de enseñar a leer a los niños no es utilizar uno u otro método, sino racionalmente aplicar elementos de varios: comenzar leyéndoles historias, cuentos, anuncios comerciales, etc. para que aprendan el valor que tiene el saber leer; después leerles frases completas y analizarlas para que ubiquen las palabras y posteriormente analizar los fonemas contenidos en estas palabras.

En este aspecto, el uso de las TIC debe poder ayudar al maestro y a los alumnos en esa tarea tan difícil que es el acceso a la lectura y posteriormente a lengua escrita. Un software de reconocimiento de voz aplicable a ayudar a los niños con rezago debe contar con diversos módulos, unos para leer frases y analizarlas, otros para el aprendizaje de las letras, sílabas y palabras aisladas. Lo verdaderamente importante, es motivar al alumno a leer y que tenga una retroalimentación inmediata de su desempeño. Con esto podrá hacer realidad, para su beneficio, el mencionado "Efecto Mateo".

Aunado a lo anterior, se considera de suma importancia la retroalimentación que se tenga de manera inmediata, no solo en la enseñanza, sino en muchos otros procesos. En el aprendizaje de la lectura, se trata de que el alumno sepa de inmediato si está leyendo correctamente o no, para que se guíe y busque mejorar en los siguientes intentos; esto lo podrá hacer aún sin la ayuda del profesor en el software de reconocimiento de voz.

Idealmente el maestro proporciona esta información a cada uno de los alumnos, corrigiendo lo que se lee, el proceso mental de asociar lo escrito con lo leído mejora rápidamente al ir disminuyendo el número

de errores. La realidad, sin embargo, es muy diferente: en las escuelas públicas (especialmente en las zonas marginadas) donde los grupos son de 40 o 50 alumnos, la asistencia personalizada a los alumnos rezagados es sumamente difícil para el docente.

Aquí radica la importancia y conveniencia de contar con un programa de computación que motive, guíe y retroalimente a los niños sobre su desempeño en la lectura. Se trata de que ese software sea una extensión del maestro para personalizar la enseñanza de manera que ayude a resolver el grave problema del rezago.

Historia del software de reconocimiento de voz

La ciencia del reconocimiento electrónico del habla no es nueva. Desde 1952 en los Laboratorios Bell se desarrollaron técnicas para el reconocimiento de la voz de una sola persona. En 1971 el Departamento de Defensa de Estados Unidos financió un proyecto a 5 años, para el reconocimiento de un vocabulario de 1000 palabras, utilizando técnicas estadísticas todavía ampliamente utilizadas en el presente (Modelos ocultos de Markov).

Gracias al acelerado desarrollo de computadoras de gran capacidad y velocidad de procesamiento, en la década de 1990 se introdujeron los primeros sistemas de reconocimiento de voz comerciales, con un vocabulario amplio y con la capacidad para reconocer independientemente la voz de diversas personas. A principios del siglo XXI, con el uso de modelos acústicos que representan la relación entre una señal de audio y los fonemas que constituyen el habla, se logró mejorar considerablemente el desempeño de los programas de reconocimiento de voz. Se utilizan grabaciones, palabras y fonemas, que luego se relacionan con sus transcripciones en texto, para crear una representación estadística de la probabilidad de los sonidos que forman cada palabra.

A nivel internacional, el avance tecnológico en el reconocimiento del habla generó una expectativa muy optimista de su uso para la educación, incluyendo la enseñanza de la lectura. Al inicio de esta década un comité del Consejo Nacional de Investigación (NRC) de Estados Unidos, reportaba que podían imaginar un futuro en el que la función

de evaluación externa del aprendizaje podría reducirse significativamente, porque la tecnología ofrecería un caudal de información sobre la manera de pensar y razonar de los estudiantes, al estar involucrados en las actividades del aprendizaje. Es decir que con la tecnología los estudiantes aprenderían y se auto evaluarían.

Se consideró una prioridad el desarrollo de aplicaciones de reconocimiento de voz para el aprendizaje de la lectura. Si los niños leyeran regularmente con esa tecnología, automáticamente evaluarían y registrarían su fluidez, en cada lectura, en cada párrafo y cada día; es más, la evaluación no interrumpiría el aprendizaje, sino que se haría en un segundo plano. Desafortunadamente la expectativa del uso de la tecnología de reconocimiento de voz en las escuelas no se ha cumplido, en la sociedad capitalista, la tecnología se ha enfocado a aplicaciones comerciales. Marilyn Jager Adams, del Departamento de Ciencias Cognitivas, Lingüísticas y Psicológicas de la Universidad Brown, escribió en un artículo los conceptos siguientes:

> Hasta que los niños sean capaces de involucrarse por sí mismos con los textos, necesitan ayuda individual tanto para leer como para leer para aprender. Sin embargo, proveer a los jóvenes lectores con la cantidad y calidad de asistencia individual que sabemos necesitan, está más allá de la capacidad humana en el salón de clases convencional. Por esta razón más que ninguna otra, el desarrollo de tecnologías de lectura, basadas en el reconocimiento de voz, debería ser prioritaria en la agenda educacional del país (EEUU). La madurez de la tecnología de reconocimiento automático de voz está atestiguada ubicuamente en otros sectores de la economía, frecuentemente en aplicaciones mucho más complicadas que las que se buscan para las escuelas (Jager, 2011).

El software de reconocimiento de voz comercial y sus características

Cuando se decidió en este proyecto considerar el reconocimiento de voz como una herramienta de apoyo a la enseñanza de la lectura, una

primera opción lógica fue efectuar una investigación sobre la idoneidad de los paquetes de software disponibles, tanto gratuitos como comerciales. La búsqueda arrojó que actualmente no existe ningún paquete o aplicación desarrollado específicamente para la enseñanza de la lectura y que no requiera demasiado tiempo del maestro, recurso éste que es muy limitado.

Otro requerimiento adicional para las aplicaciones es que esté al alcance de los recursos económicos asignados a las escuelas primarias que son beneficiadas con algún programa de apoyo. El resultado de la búsqueda coincidió con lo expuesto por Adams; los paquetes que utilizan el reconocimiento de voz están destinados a aplicaciones comerciales, no así a la educación. En la investigación realizada se encontraron los siguientes paquetes de software basados en el reconocimiento de la voz, así como su utilización en el mercado:

1. "Sonic Extractor" de Digital Syphon. Se enfoca en aplicaciones de telefonía.
2. "Speech Magic" de Nuance Communications. Se desarrolló para aplicaciones médicas.
3. "Microsoft Kinect". Permite el reconocimiento de comandos por voz, para consolas de juegos.
4. "Dragon Naturally Speaking" de Nuance Communications. Se aplica para dictado en general.
5. "Microsoft Speech API". Se incluye en los paquetes de Microsoft Office y en computadoras de tableta para aplicaciones de dictado.
6. "Gemm Learning". Es el único paquete de software comercial que se ha encontrado aplicable a la enseñanza de la lectura. Como dice en su publicidad, el propósito de este paquete es verificar, que la palabra (aislada) que se le pide leer al alumno, sea leída correctamente. En la práctica lo que se requiere realmente, es que el software sea flexible y adaptable para que verifique la lectura correcta de un conjunto de sílabas, palabras o textos escogidos por el maestro, de acuerdo con el grado académico al que pertenecen.

7. La herramienta de software “Speech SDK”. Se puede descargar gratuitamente como parte de “Microsoft Speech API” para aplicaciones de Windows y está destinada a los desarrolladores de aplicaciones de reconocimiento de voz. No tiene una interface para ser utilizado por los usuarios finales (maestros, alumnos).

Como se describirá más adelante, en la aplicación de software desarrollado para este proyecto, se utilizó esta herramienta, dentro de la plataforma de desarrollo “Visual Studio”.

Debido a que las aplicaciones de software para dictado utilizan como referencia un gran conjunto de palabras usuales en el idioma, tienen en general un bajo nivel de precisión; para mejorarlo se requiere que cada usuario entrene al programa leyendo varios párrafos predeterminados; el objetivo es afinar los modelos acústicos. El problema es que una persona que no sabe leer no puede entrenar al sistema por sí mismo, sino solo repetir lo que escuche del maestro o de una grabación. Los programas para dictado no son idóneos para el aprendizaje de la lectura.

Los niños que cursan la educación básica en escuelas ubicadas en zonas marginales donde llevo a cabo esta investigación, son en general pobres, por lo tanto, los paquetes de software educativos se encuentran fuera del alcance de las escuelas en estas zonas, dados los bajos recursos económicos y los apoyos en especie que reciben por parte de las autoridades educativas. Esto aunado a la poca adaptabilidad de los programas comerciales a las necesidades de los alumnos con rezago en la lectura, se optó por diseñar elaborar y aplicar un programa ex profeso que cubra las necesidades específicas en la lectura, tomando en cuenta los aspectos siguientes:

1. Características de los alumnos que usarán el software.
2. Necesidades reales e identificación de su rezago en la lectura.
3. Comenzar desde cero con alumnos para iniciarlos en la lectura.
4. Características tecnológicas que se pueden adecuar a sus necesidades.
5. Utilizar los aspectos gráficos y sonoros que puedan captar su atención, para evitar su cansancio y realicen los ejercicios y prácticas adecuados a su nivel de conocimientos.

Es importante mencionar que, para el diseño del software, se buscó el apoyo de un profesional en este campo por no contar con los conocimientos suficientes para su elaboración; en este sentido, las aportaciones teóricas e ideas de las interfases fueron diseñadas por el docente, acordes a las necesidades de los alumnos. Cabe destacar que, gracias a los conocimientos adquiridos a través de la experiencia en el trabajo docente y el análisis de los diversos métodos para la adquisición de la lectura, se inició el proyecto, mismo que debería funcionar como un maestro auxiliar, con el que los alumnos puedan interactuar, leer y obtener la retroalimentación de la lectura, de manera que puedan dar continuidad a su aprendizaje.

Las herramientas y métodos para la construcción de los programas

La empresa Microsoft ha creado y puesto a disposición de los desarrolladores de software, paquetes de reconocimiento del habla (SDK por sus siglas en inglés) para que ser usados dentro del ambiente de Windows. Estos paquetes no son un producto de uso inmediato, sino solo una herramienta para ser utilizada por el desarrollador, en programas (conjunto de instrucciones que la computadora entiende) para un uso específico.

Aunque está fuera del alcance de este reporte explicar a detalle cómo funciona el reconocimiento electrónico del habla, diremos que es semejante a la forma como reconocemos nosotros el lenguaje: Las palabras se componen de sonidos, fonemas, o “fonos” como se les llama en el lenguaje técnico. La secuencia de fonemas va adquiriendo significado, a medida que van siendo registrados por nuestros sentidos y nuestra mente y al completarse una palabra o frase, entendemos el mensaje porque aprendimos esto a prueba y error en nuestros primeros años de vida.

Al pronunciar una palabra en el micrófono, este dispositivo convierte las ondas de sonido (acústicas) en impulsos eléctricos. El paquete de software SDK analiza la frecuencia (grave o agudo) de esos impulsos, de la misma manera que un músico identifica las notas de una melodía. Para determinar si se ha pronunciado una sílaba u otra parecida, por ejemplo “pa” o “ta”, el software utiliza las semejanzas (probabilidades) con los “fonos” registrados en una biblioteca dentro

del paquete. La probabilidad se afina según vayan llegando los siguientes fonos. Como un ejemplo, supongamos que el programa tiene duda si el primer fono es “pa” o “ta” y el segundo es “pel” o “tel”, lo más probable es que la palabra sea “papel”.

Afortunadamente, los desarrolladores no tienen que programar la tarea de reconocimiento descrita, sino solo llamar (invocar) a ese paquete cuando se requiera. Como sucede con el lenguaje cotidiano, no se tiene que aprender a distinguir entre todas las sílabas (más de 400) o todas las palabras de la lengua (más de cien mil en el español). Para aumentar la precisión, al programar se alimenta una lista de palabras (por ejemplo 100) que pueden ser leídas por el alumno. En el lenguaje técnico, esa lista se llama “grammar”.

En el caso particular del software construido para este proyecto educativo, se escribieron los programas en el lenguaje “C#” en la plataforma “Visual Studio” para Windows. “C#” es un lenguaje de alto nivel “orientado a objetos”, lo que significa que utiliza módulos de programa llamados “clases”, ya elaborados y probados, los que son utilizados por el desarrollador enlazándolos mediante instrucciones como si se tratara de un rompecabezas.

El desarrollador elabora páginas (interfaces con el usuario) semejantes las que utiliza Windows, que son generalmente conocidas por los usuarios de computadoras. Las páginas contienen títulos, dibujos o fotos, botones para oprimir mediante el mouse, ventanitas para escribir mediante el teclado, etcétera. En las páginas se pueden incluir sonidos, música o la palabra hablada que puede asistir a los alumnos. En el caso de este proyecto, las páginas contienen objetos (a veces no visibles) que captan las sílabas o palabras pronunciadas por el alumno, las que luego son analizadas por el programa.

El software comprende un conjunto de módulos escritos en forma independiente. Cada uno de ellos consta de un gran número de líneas de programa, que controlan las diferentes acciones: presentación de imágenes, textos, palabras grabadas y pronunciadas por el maestro, etc. el trabajo con cada uno de los módulos se controla desde una página índice, al ser seleccionados mediante el mouse, ya sea por el maestro o el alumno.

En los diferentes módulos del software, las páginas se construyen con elementos audiovisuales, por ejemplo, la foto de objetos conocidos

por el niño. Se presentan mediante texto los nombres de los objetos, para que alumno los lea. A continuación, se espera a que éste termine de pronunciar la palabra o palabras y el programa llama al paquete de reconocimiento de voz para que traduzca a texto lo hablado. El programa compara el texto original con el pronunciado y retroalimenta al alumno mediante símbolos y sonidos si la lectura ha sido correcta o no.

Las bases de diseño del software de reconocimiento de voz

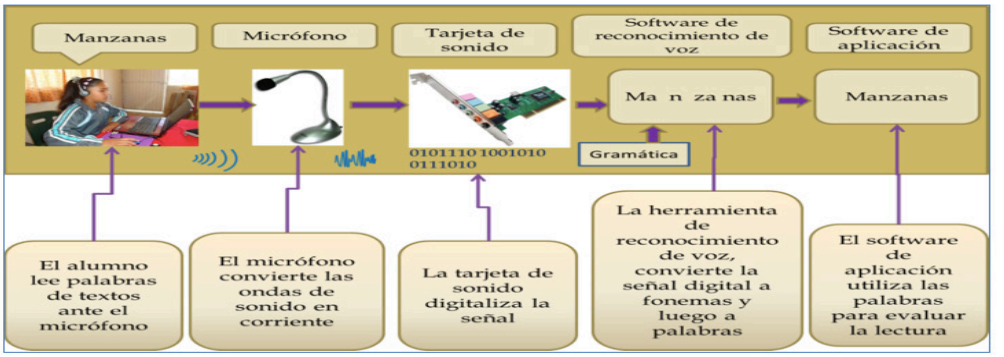
De acuerdo con las teorías generalmente aceptadas, el alumno aprende a leer primero las palabras relacionadas con lo que conoce, por ello, este proyecto está basado en las tecnologías de reconocimiento de voz, que le permiten al alumno leer palabras cotidianas y evaluar la calidad de su propia lectura. Se tomaron en cuenta los diferentes métodos de lectura, de tal forma que cada uno de los módulos del software permite seleccionar varias opciones de estudio de acuerdo con el nivel del alumno: identificación de sílabas, palabras y oraciones. Una vez alcanzado un nivel adecuado de lectura, se leen párrafos para medir la velocidad lectora y posteriormente se evalúa su comprensión mediante ejercicios sencillos que van de acuerdo con los conocimientos previos de cada uno de los alumnos.

Como se ha mencionado, el software se desarrolló para que funcione de la siguiente manera:

1. Se presenta al alumno en la pantalla de la computadora, el texto a leer (palabra, frase) de preferencia acompañado de una imagen alusiva al mismo.
2. El alumno lee la palabra o frase frente ante un micrófono conectado a la tarjeta de sonido de la PC.
3. El software procesa electrónicamente la señal del micrófono y produce como respuesta un texto que es la mejor aproximación a la información acústica recibida (lectura).
4. El software compara luego la palabra o frase presentada en la pantalla en (1) con la pronunciada en (3), lleva un registro del número de aciertos y errores y retroalimenta al alumno.

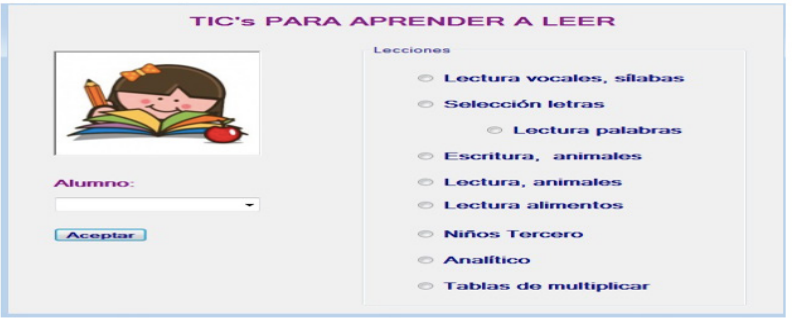
Se repite este proceso tantas veces como haya sido planeado de antemano y por las necesidades observadas en el alumno. El siguiente diagrama muestra de una forma sencilla las etapas.

Figura 11. *Proceso de reconocimiento de voz del software.*



El software consta de un menú general donde el primer paso es el registro del alumno con su nombre y su fotografía. Esto con el propósito de contar con una evaluación al finalizar la práctica en cada uno de los módulos que haya sido elegido por el niño. A continuación, se explican paso a paso cada una de las pantallas que se utilizan para la práctica y evaluación de la lectura, según las necesidades y avances de los alumnos.

Figura 12. *TIC para aprender.*

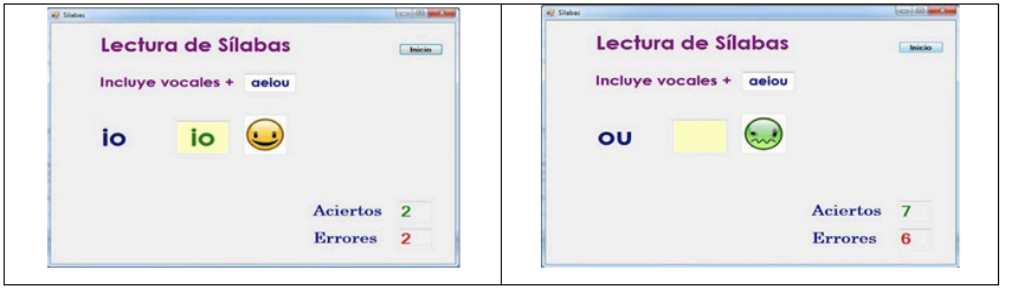


La primera pantalla que se muestra es el menú del paquete de software, donde se elige la opción de la práctica que se desea o necesita. El alumno inicia la sesión seleccionando su nombre (módulo: niños tercero) para que se registren sus avances, aciertos y errores. Para motivar al alumno, el programa despliega su fotografía en un recuadro

sobre su nombre. En primer lugar, para el aprendizaje de las vocales, se despliega una pantalla donde el maestro puede configurar la práctica que el alumno requiere, como puede ser la lectura de vocales, la unión de éstas para formar diptongos o triptongos, en su caso.

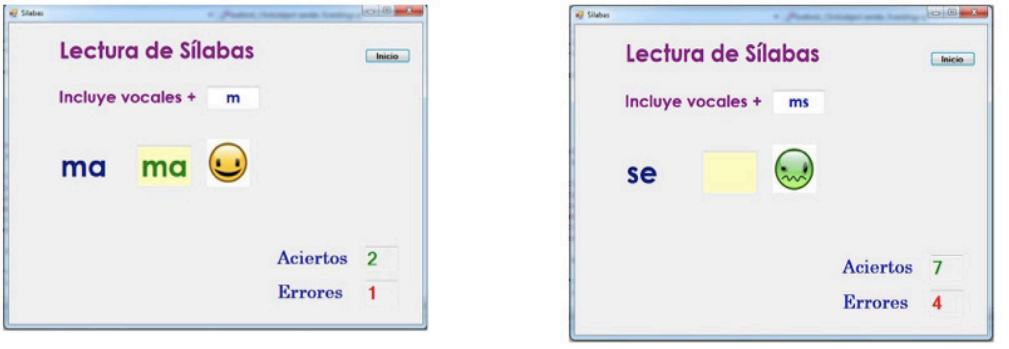
Una vez iniciada la práctica, el alumno debe leer las vocales o diptongos que se le muestran en color azul. Lo que el alumno pronuncia, el programa lo registra en un recuadro con letras verdes. Si la lectura es correcta, el programa muestra una carita feliz, de lo contrario muestra una carita triste y registra el error para que el alumno corrija.

Figura 13. *Lectura de sílabas con I y ou.*



Cuando el alumno ya conoce y puede leer las vocales y los diptongos, en la misma pantalla se pueden seleccionar las consonantes con las cuales comienza la lectura de sílabas, siguiendo la misma tónica.

Figura 14. *Lectura de sílabas con m y s.*



Una vez aprendidas las sílabas, se continúa con la lectura de palabras de uso cotidiano, para ello se elige la siguiente pantalla, seleccionando las consonantes con las que deba practicar.

Figura 15. *Selección de consonantes.*

El software despliega sucesivamente las palabras de práctica, separándola en sílabas para que le sea más fácil la identificación y pronunciación.

Figura 16. *Sílabas y consonantes.*

En la elaboración de los programas, la separación silábica automática fue especialmente difícil, se tuvieron que incluir las reglas gramaticales que rigen este proceso, lo que necesitó aproximadamente 100 líneas de programa. Sabemos que la separación de las palabras en sílabas es difícil para los niños en los primeros años de primaria e incluso para los adultos. Los investigadores concuerdan que la separación silábica es muy útil para la "conciencia fonológica" que es indispensable en el proceso de adquisición de la lectura.

En una de las modalidades, para la práctica de la escritura, se presenta una fotografía y la voz grabada del maestro que dice el nombre de la imagen; el alumno debe seleccionar y acomodar las letras que se muestran en desorden a un lado de la fotografía.

Figura 17. *Ordenar letras en función de imágenes.*

En otro módulo la pantalla presenta una foto del objeto (animal, alimento u otra cosa), junto con la palabra escrita en caracteres grandes y de colores llamativos, si lo que pronuncia el alumno coincide con el texto correcto, el software continúa la práctica, en caso contrario se da un tiempo de espera hasta que el alumno lea correctamente la palabra.

Figura 18. *Correspondencia de la palabra hablada y la figura.*

En una variante del programa, se presenta una pantalla, donde se muestra sucesivamente la foto de un objeto o animal, además de un listado enumerado con diferentes nombres. La voz grabada del maestro pronuncia el nombre correspondiente a la foto y el alumno lo busca en la lista. Debe pronunciar el número correctamente para proseguir con la práctica.

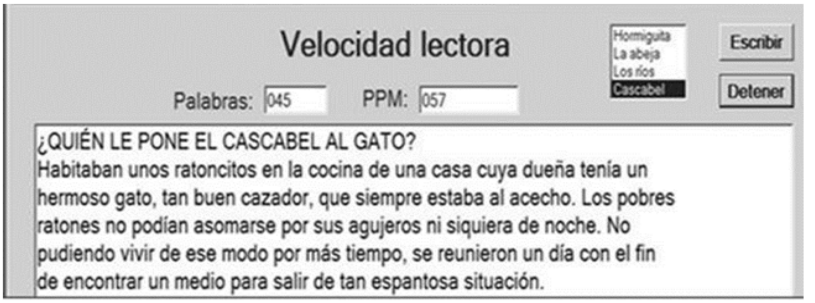
Figura 19. *Correspondencia de palabras sonoras con imágenes.*

Una vez que se progresa en la lectura, se puede utilizar otro módulo que despliega oraciones sencillas, que son separadas automáticamente en palabras y éstas y en sílabas. Conforme el alumno va pronunciando las palabras y las sílabas, el software las marca con un color diferente para resaltarlas.

Figura 20. *Análisis de oraciones.*

Finalmente, cuando ya se ha adquirido la competencia lectora, la práctica se orienta hacia la lectura de textos cortos, con lo que el programa realiza el conteo de palabras leídas por minuto.

Figura 21. *Lectura de párrafos cortos.*



Una de las funciones adicionales del software es el control de errores y el registro de las palabras que el alumno tiene dificultad para leer. También cuenta con un registro de cada práctica realizada por el alumno, que se despliega en un reporte como el siguiente:

Tabla 24. Reporte de resultados individuales.

Nombre del alumno	Fecha de práctica	Módulo	Aciertos	Errores	Calificación

Con este registro se pretende observar las prácticas que los alumnos realizan, así como sus preferencias de las actividades propuestas para la adquisición de la competencia lectora, motivo de este proyecto.

1. Resultados

En el desarrollo de la implementación y uso del software, se observaron aspectos interesantes, se comprobó que los niños se sintieron acompañados y apoyados durante el proceso de aprendizaje, esto sin duda fue determinante para que continuaran motivados y con el gusto de aprender a leer.

Las sesiones de trabajo fueron extractase de sesenta a noventa minutos cada una, de lunes a jueves. Se trabajó con dos alumnos alternados cada tercer día y agrupados de acuerdo con sus conocimientos previos y avance en la identificación de letras, quedando lunes y miércoles dos alumnas y los martes y jueves los otros dos.

Durante las primeras cuatro sesiones, se realizaron pruebas preliminares para verificar que el software funcionara de forma adecuada acorde a los ejercicios que iban a realizar. Cabe señalar que desde el principio se detectaron problemas por el ruido ambiental e interferencias (zumbido) de la estática que produce la energía eléctrica en los audífonos, esto se solucionó comprando otros de mejor calidad y utilizando las computadoras con su batería.

En cada una de las sesiones se les explicó a los niños la forma de utilizar las computadoras que la docente les había llevado (no se cuenta con este equipo en la escuela). En un principio se les mostró la forma de manejar el mouse para seleccionar (hacer “click”) para elegir y manejar cada uno de los módulos iban a practicar. En esta etapa inicial todos los alumnos mostraban temor al tocar el equipo, pensando que se iba a descomponer si lo hacían mal, pero al tomar sus manos y dirigirlos se relajaron y comenzaron a manipular de tal forma que al finalizar la primera práctica ya no tenían temor de manejar el equipo.

Dentro de esta implementación y de manera paralela con la práctica de cada alumno, se contempló la evaluación, en este caso autoevaluación, proceso importante para el avance y/o ajustes que los mismos niños realizaban de acuerdo con sus resultados.

Como logro adicional en la práctica y uso del software, fue que los alumnos que tenían problemas de dicción fueron mejorando su pronunciación. Esto se observó especialmente en las sílabas con las

consonantes no tonales como la “p” y la “t”, también se advirtió la dificultad para pronunciar las “sílabas trabadas” (bl, br, cl, cr, etc.), el uso constante el mismo software les marca errores.

El propósito de la implementación del software se logró; los cuatro alumnos aprendieron a leer en un tiempo récord, si le puedo llamar así, pues en un lapso de seis meses no solo leyeron como alumnos regulares de tercer grado, sino que además la comprensión lectora estuvo presente en cada momento. Esto indica que el uso de la tecnología es un excelente medio de apoyo para el docente que tiene alumnos con rezago en la lectura en su grupo, ya que además de realizar su práctica de manera cotidiana, atiende al mismo tiempo a aquellos estudiantes que tienen dificultades en la lectura.

Conclusión

El software implementado en este proyecto es una muestra de que su uso como herramienta didáctica, apoya en gran medida la labor docente. Cabe mencionar que no se considera como un producto terminado, es un primer paso para llevar a los alumnos los beneficios de la tecnología en su aprendizaje, en este caso la adquisición de la lectura.

La implementación del software de reconocimiento de voz como herramienta didáctica en el aprendizaje de la lectura definitivamente fue significativo y relevante en el momento de su implementación pues fue el parteaguas para continuar usando las TIC en la educación primaria, pero sobre todo posiciona al maestro como un innovador dentro de un ámbito poco favorecedor donde el uso de computadoras es nulo.

Referencias

Alegría, J. (1985). *Por un enfoque psicolingüístico del aprendizaje en la lectura y sus dificultades. Infancia y aprendizaje.* https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=668383

Bravo, L. (2000). Los procesos cognitivos en el aprendizaje de la lectura inicial. *Pensamiento educativo,* 49-68.

Cuetos, F. (2010). *Psicología de la lectura.* Wolters Kluer España, S.A.

Ferreiro, E. (1979). *Los sistemas de escritura en el desarrollo del niño.* Buenos Aires: Siglo XXI.

– (1982). *Nuevas perspectivas sobre los procesos de lectura y escritura.* Buenos Aires: Siglo XXI.

– (2007). *Alfabetización de niños y adultos*. Paideia Latinoaméricana.

Frith, U. (1986). A developmental framework for developmental dyxlexia. *Annals of Dyxlexia,* 69-81.

Goodman, F. &. (1979). *Los sistemas de escritura en el desarrollo del niño.* Siglo XXI.

Jager, M. (2011). *Technology for Developing Children's Languaje and Literacy: Bringing Speech Recognition ti the Classroom*. The Joan Ganz Cooney Center at Cesame Workshop.

Stanovich, E. (1984). *Matthew effects in reading: Some consequences of individual differences un the aduisition of literacy*. Reading research quaterly *Fall.

Zuleta, E. (1978). *Sobre la lectura.* Universidad libre.

Cyber Human ¿dominio educativo de las máquinas sobre los humanos?

Juan Benito Rodríguez Araiza

Sin pensar, la humanidad ha llegado al punto donde todo es relativamente aceptable, de modo que apoyados de una filosofía débil emerjan del pensamiento postmoderno una serie de sucesos un tanto escalofriantes.

La teleología educativa está respondiendo a logros económicos, el encause de los programas afina sus propósitos hacia el desarrollo tecnológico, las ciencias sociales se desplazan por su poca remuneración económica, se ignora por completo la formación integral de las personas.

No hay duda de que el desarrollo del pensamiento humano necesita de respuestas que cubran su frenesí por la verdad, detrás de todas las aproximaciones de una verdad que pudiera llegar a ser absoluta, no hay forma de conocerla bajo la guía de un conocimiento simplista de la tecnología.

El misterio que intenta resolver la humanidad va más allá de un simple describir el origen o la incesante existencia de un ser supremo que pueda controlar, crear y destruir toda realidad conocida, el misterio ahora encierra al hombre como problema fundamental de toda cuestión al descubrirse como potenciador de vida, vuelca su desarrollo en conceder las cualidades de una persona al desarrollo tecnológico.

La humanidad intenta avanzar a pasos agigantados, los cuales cree dominar, poseedor de toda capacidad cognitiva, torpemente tiene la sensación de poder manipular toda creación de intervención humana y simplemente no se da cuenta que el desarrollo de la inteligencia artificial vista como aquella que "estudia cómo lograr que las máquinas realicen tareas que, por el momento, son realizadas mejor por los seres humanos" (De Andrés,2002, p. 10) pone en peligro la vida humana en toda su extensión como hoy día la conocemos.

La situación no encara el desarrollo tecnológico, no se pretende regresar al oscurantismo satanizando cualquier desarrollo científico, ahora la limitante es la creencia ególatra de que se va a tener el control de este tipo de inteligencia por siempre.

La inteligencia artificial es ya una realidad, con programas que responden a comandos establecidos en ciertos momentos y que suben de ni-

vel a medida que el humano interfiere cognitivamente, sin embargo, ya por mucho se ha visto que puede superar nuestra propia capacidad intelectual.

Es fácil recordar a "Deeper Blue la computadora que en 1997 […] había vencido en torneo a Kasparov, entonces campeón del mundo de ajedrez. El resultado (3,5 para Deep Blue; 2,5 para Kasparov) se consumaba así la victoria de la rápida inteligencia electrónica frente a la inimaginable cantidad de lentas neuronas humanas" (De Andrés, 2002, pp. 12-13).

Es posible entonces que las maquinas sobrepasen la capacidad cognitiva del hombre, ya que "en el camino de la imitación de la mente humana también ha habido que desarrollar lógicas distintas, más semejantes a la que de hecho se utilizan en el pensamiento humano real" (De Andrés, 2002, p. 44). En recientes noticias un grande de las redes sociales ha desactivado un programa de Inteligencia Artificial ya que, al paso de los días, ambos bots (palabra robot recortada) llamados Alice y Bob estando en interacción comenzaron con fallos técnicos en la secuencia de su lenguaje.

Después de un análisis más profundo los desarrolladores de esta tecnología se percataron de ciertos patrones que concluían en el desarrollo de un lenguaje propio por parte de los bots pero lo sorprendente fue que el sistema de comunicación se intentaba esconder de sus creadores, además de que la interacción entre ambos Alice y Bob se estaba desarrollando su aprendizaje de una manera increíble a través de estrategias didácticas sin autorización de sus desarrolladores.

La empresa desarrolladora ha confesado que tuvo que cerrar de raíz este programa pues estaba saliendo del control humano, sin embargo, en declaración a la prensa el producto ha declarado "soy […] optimista. Creo que uno puede construir cosas para hacer un mundo mejor. Pero, además, soy especialmente optimista en lo que respecta a la inteligencia artificial". (Zuckerberg, 2017) ya que se tiene como pretensión "capacitar a las computadoras para comprender el razonamiento humano […] y capacitar a la gente para comprender a las computadoras" (Rich & Knight, 1994, p. 24).

Es toda una odisea hablar sólo de beneficios en un proyecto que escapa de nuestras manos, asegurar una mejora en la vida humana es un unívoco de bondad respecto a todo el panorama.

Desgraciadamente, hoy día tanto una filosofía débil como el sentido económico del neoliberalismo han convertido el progresismo en la

línea tecnológica, existe una preocupación inmensa por formar personas técnicas, que desarrollen habilidades específicas y sobre todo tecnológicas, creyendo que el avance científico dará la plenitud a los hombres.

La educación hoy día se pone al servicio del sistema neoliberal ofreciendo personal calificado para el trabajo, se ha olvidado aquella primordial tarea de la formación integral de la persona. No se trata de suspender la actividad científica tecnológica, sino apostar por formar humanamente, el problema no es desarrollar Inteligencia Artificial que fabrique un lenguaje propio y oculto a sus diseñadores.

El problema para reflexionar es que mientras "intentamos dar razonamiento y aprendizaje a una maquina llevándola a la humanización estamos deshumanizando personas que dejamos hacer el trabajo de las maquinas, comportándose sólo para un trabajo en específico truncando su pensamiento creativo" (Cfr. Elaine Rich & Kevin Knigth ¿qué es la Inteligencia Artificial? McGrwHill, 1994).

Permitir que las maquinas razonen más que los humanos y resignarnos a que los humanos sólo trabajen, existe un problema grave, se está denigrando la dignidad humana al punto de robotizarla y lo peor del caso es que pretendemos que un robot aprenda mucho mejor y desarrolle una capacidad cognitiva que supere la potenciación humana.

Entonces, la propuesta es ofrecer una educación que continúe fortaleciendo la formación humana y el pronto rescate de la dignidad de la persona.

No es malo ahondar en la Inteligencia Artificial, sin embargo, hay muchísima capacidad en las personas humanas, las inversiones entonces deberían considerar enfocarse en formar personas integrales que respondan a las necesidades sociales.

Dotar un sistema con autoaprendizaje deshumaniza a cientos de personas que son formados en la acción laboral, no sería de asustarse que pronto los humanos estemos bajo las órdenes de las máquinas pues éstas habrán desarrollado una capacidad cognitiva superior.

La educación, la ciencia, el progreso deben considerar enfocarse en el desarrollo humano que solucione problemas actuales, aún se camina en las oscuras tinieblas de la ignorancia, si dotamos a una máquina de cualidades humanas pronto no podremos dar marcha atrás,

permitiendo el dominio humano bajo las órdenes de un sistema de algoritmos que fueron creados para nuestro servicio.

No es posible que un grupo de personas invierta millones y millones de recursos en dotar a una máquina, mientras que una parte mayoritaria de las personas tienen que truncar todas sus potencialidades y desarrollo para responder al fin económico mundial.

Hay muchos problemas que restan por resolver, si se continúa por el camino que se pretende, llegaremos a la conclusión de haber dotado de cualidades humanas a un ente que por más inteligente que sea, nunca comprenderá que la felicidad forma parte del motor que mueve nuestro sentido para entonces nos habremos olvidado del camino hacia la plenitud, el amor.

Referencias

Adell, J. (1997) Tendencias en educación en la sociedad de las tecnologías de la información, *Edutec, 7,* http://www.uib.es/depart/gte/revelec7.html

– (1998) Redes y educación, en De Pablos, j. y Jiménez, J. (eds.) *Nuevas Tecnologías, Comunicación Audiovisual y Educación.* Cedecs.

AIMC. (2001). *Estudio General de Medios.* http://www.aimc.es/datosegm/internetficha.htm

Bangemann, M. (1994). *Europa y la sociedad global de la información: recomendaciones al Consejo Europeo.* Bruselas, 24 de mayo de 1994. http://xina.uoc.es:443/docs_elec/2704.htm

De Andrés, T. (2002). *Homo cybersapiens.* EUNSA.

Muslow, J. (2017). Por qué Elon Musk cree que Mark Zuckerberg no entiende los peligros de la inteligencia artificial. septiembre 29, 2017, de *BBC* Sitio web: http://www.bbc.com/mundo/noticias-40727809

Nolasco, J. (2017). Significado de Bots. septiembre 29, 2017, *de Significados* Sitio web: https://www.significados.com/bots/

Rich, E. & Knight, K. (1994). *Inteligencia Artificial.* Mc Graw Hill.

SEMBLANZAS DE LOS AUTORES

José Luis Martínez Rosas

Académico de educación superior, Psicólogo social, Maestro en docencia y Doctor en Ciencias de la Educación por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. Se desempeñó como coordinador de posgrado en la Benemérita y Centenaria Escuela Normal Oficial de Guanajuato, México. Participa en la Red de Posgrados en Educación y COMIE de México, así como en AIDIPE de España. Desarrolla las líneas de generación y aplicación de conocimiento a) "Prácticas educativas en contextos escolares", b) "Educación, cultura y sociedad". Algunas de sus publicaciones son: *Geoeducación, una categoría emergente* (2015); *Complejidad, epistemología y multirreferencialidad,* en colaboración con Fontaines-Ruiz (2015); *Algunas problemáticas y tensiones en el campo educativo y la Formación* (2016); *La reproducción en las prácticas educacionales. Una exploración de sus modelos* (2017); *Políticas públicas, economía del conocimiento y universidades,* en coautoría con Alejo y León (2018); *Innovación educativa en prácticas y centros escolares* (2021); *Renovar la escuela I: yo, tu, educando el nosotros* (2021); Renovar la escuela II: educarnos en la comunicación cotidiana y científica en colaboración con Ruiz (2022); *Globalización, tendencias y retos en educación y capacitación* (2022).
joseluismar444@gmail.com

Sergio Jacinto Alejo López

Maestro en Investigación Educativa por la Universidad de Guanajuato, Doctor en Ciencias de la Educación por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y profesor de tiempo completo de la Universidad de Guanajuato en el Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la División de Ciencias de la Salud e Ingenierías. Cuenta con Reconocimiento de Perfil Deseable en Edu-

cación Superior y es profesor en el Sistema Nacional de Investigadores Nivel I, es también integrante del Cuerpo Académico Consolidado "Educación en la Cultura la Historia y el Arte" y actualmente Miembro Interno Integrante de la Junta Directiva de la Universidad de Guanajuato. Actualmente es docente en el campo de la educación, así como de las ciencias económicas y administrativas. Realizó proyectos de investigación con la Universidad de la República en Uruguay, la Universidad de Bio Bio en Chile y con la Universidad Complutense de Madrid y ha presentado los resultados en publicaciones de libros, capítulos de libro y artículos arbitrados. Además, tiene experiencia en formación de recursos humanos y dirige tesis de maestría en educación. Cultiva las LGAC: 1) Educación superior, 2) Abandono escolar y trayectorias educativas en el nivel medio superior. jacintosergio@hotmail.com

María Elena Balcázar Villicaña

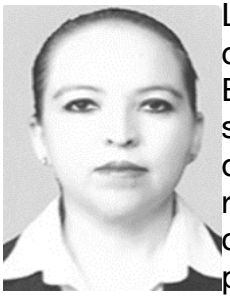
Es Licenciada en Educación Preescolar (2000-2004) por la Benemérita y Centenaria Escuela Normal Oficial de Guanajuato, maestrante en educación en la Universidad de Lasalle Bajío; y cuenta con la Especialidad en Herramientas Básicas para la Investigación Educativa por la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y la Especialización en Dirección de Centros Educativos. Se desempeña como docente en la Licenciatura en Educación Preescolar (2004-2023), Coordinadora de la Licenciatura en Educación Preescolar (2007-2013) y del Área de Investigación (2013-2016) en la Benemérita y Centenaria Escuela Normal Oficial de Guanajuato; además, como Subdirectora de Vinculación Estatal del INEE en Guanajuato (2016-2019) y Jefa del Departamento de Desarrollo Docente, Delegación Regional I de la Secretaría de Educación de Guanajuato (2019- 2022). Sus LGAC son: a) Desarrollo del Lenguaje en niños y jóvenes (oral, escrito, no verbal; grafología); b) Planeación y Evaluación Educativa. Coautora de los Libros: *Fichero de actividades de experimentación para niños y niñas en edad prees-*

colar (2012) y *Propuestas didácticas para desarrollar las Líneas de Trabajo del Programa Escuelas de Tiempo Completo en Educación Preescolar* (2017); y coordinadora de la investigación *Comunidades de Aprendizaje* (2020), en la Delegación Regional Norte de la SEG. ebalcazar_gto@hotmail.com

Ignacio III Arana García

Doctor por la Escuela Normal Superior de Michoacán, certificado en formación digital a distancia por la Universidad de Oviedo y promotor del uso de las TICCAD en el aula. Especializado en tópicos de ciencias biológicas y tecnología educativa. Instructor en la creación de aplicaciones y en herramientas basadas en arquitectura Android. Lector de novela histórica, difusión científica y Sci-Fi. Capacitador de pequeños piscicultores y apasionado por la autosuficiencia energética y alimentaria en el país. Docente por cerca de 20 años en diversos niveles educativos, desde primaria hasta educación para adultos. Líder del Cuerpo Académico ENOI-CAEC-1, mismo que cultiva la LGAC denominada Procesos de formación. Convencido ferviente que la educación es el camino para la mejora de la sociedad. iaranag@enoi.edu.mx

Gabriela Vidal Ortiz



Licenciada en educación primaria, Maestra en Educación Práctica Educativa y Doctora en Educación. Experiencia de 19 años en el nivel básico y el nivel superior de educación, desempeñando cargos como docente frente a grupo, Asesor Técnico Pedagógico, responsable del Área de Investigación, asesor en procesos de titulación en nivel licenciatura y posgrado, participante en el diseño e implementación de programas educativos de formación continua y especialista

en el desarrollo del pensamiento matemático en educación básica. Actualmente integrante del Cuerpo Académico ENOI-CAEC-1 de la Escuela Normal Oficial de Irapuato cultivando las LGAC: procesos de formación, así como pensamiento matemático y práctica docente. gabyvior@gmail.com

Daniela Patricia Martínez Hernández

Licenciada en Educación Preescolar, Maestra en Innovación de la Práctica en la Escuela y Doctora en Ciencias de la Educación. Su experiencia se centra en el trabajo en los niveles preescolar, primaria y superior, centrado en la formación de profesionales de la educación desde el 2009. Ha ocupado cargos como responsable del área de Vinculación, Extensión y Difusión, Docencia y actualmente coordina el departamento de Formación continua, responsable de la operatividad y diseño de programas de posgrado y cursos de actualización. Las LGAC que ha cultivado se centran en la reflexión sobre la práctica y los procesos de evaluación formativa tanto en docentes como en profesores en nivel inicial, cuyos resultados ha difundido en distintos eventos nacionales e internacionales con publicaciones en libros, memorias y revistas. dpmartinezh@enoi.edu.mx

Carolina Hernández Mata

Egresada de la Escuela Normal Oficial de Irapuato (ENOI) por la Licenciatura en Educación Preescolar, actualmente doctorante de la Universidad Pedagógica Nacional 241 de San Luis Potosí. Docente de la ENOI, asesora metodológica y coordinadora de la Licenciatura en Educación Preescolar. Forma parte del Cuerpo Académico ENOI-CA-1, cuenta con el Reconocimiento al Perfil Deseable PRODEP desde 2022 y la LGAC que cultiva es la práctica docente. chernandezm@enoi.edu.mx

Olga Susana Correa Vanegas

Mexicana, nacida en Dolores Hidalgo Guanajuato. Licenciada en Educación preescolar por la Benemérita y Centenaria Escuela Normal Oficial de Guanajuato y se encuentra en proceso de titulación en la Maestría en Investigación y Desarrollo de Innovaciones Educativas, en la misma institución. Cuenta con constancias y reconocimientos que acreditan su conocimiento en educación, entre ellos: *Diseño y aplicación de materiales didácticos para el aprendizaje en contextos multigrados, Dispositivos y recursos de aprendizaje para escuelas sin conexión a internet;* y su más reciente participación en el *Educathon Reto de Innovación 2021 Guanajuato,* obteniendo el primer lugar a nivel Regional. Actualmente es docente frente a grupo en el Jardín de Niños Celestín Freinet, en la Cd. De Dolores Hidalgo, Guanajuato. susanacorrea94@gmail.com susanacorrea94@hotmail.com

Luis Gilberto Granados Lara

Originario de la ciudad de Guanajuato capital. Egresado de la Benemérita y Centenaria Escuela Normal Oficial de Guanajuato de la licenciatura en Educación Primaria, maestro en Gestión y Administración de Procesos Educativos por el Centro de Actualización del Magisterio (CAM) y maestro en Innovación por la Universidad Pedagógica Nacional (UPN). Ha colaborado como asesor en diplomados de tecnologías aplicadas a la educación en el CAM Guanajuato, y en los programas de maestría y especialidad de la UPN y la Benemérita y Centenaria Escuela Normal Oficial de Guanajuato. Se ha especializado en la LGAC: Uso de las tecnologías en educación, siendo reconocido por las prácticas exitosas en Matemáticas (2015) y en los Congresos Internacionales de Líderes Educativos Guanajuato

en dos ocasiones. Actualmente miembro de la red de entrenadores Google de la Secretaría de Educación de Guanajuato. Cuenta con 19 años de experiencia en el servicio docente en el contexto rural y en escuelas unitarias de educación básica, y como directivo de escuelas primarias a partir de 2015. Simultáneamente, desde el año 2003 ha sido docente y, en los últimos 10 años, director de educación para adultos en la Ciudad de Guanajuato. lggl34@gmail.com

María del Rocío Ofelia Ruiz

Licenciada en Educación por la Universidad Pedagógica Nacional, Maestra en Investigación y Desarrollo de Innovaciones Educativas por la Benemérita y Centenaria Escuela Normal Oficial de Guanajuato (BCENOG) y Doctora en Ciencias de la Educación por el Instituto de Educación e Investigación Superior en Psicopedagogía Lev Vygotski. Realizó el Proyecto de Intervención Pedagógica: *El Juego, una propuesta didáctica para resolver problemas aritméticos*; la innovación: *Diseño de software de reconocimiento de voz como apoyo a los alumnos con rezago en la lectura en tercer grado de primaria*, y la investigación: *Representaciones Sociales que construyen los estudiantes normalistas sobre su proceso formativo. Un aprendizaje implícito*; además publicó el artículo *La mirada del asesor metodológico: práctica profesional y documento de grado* en la Revista Normalista de Practica Profesional # 5. Cuenta con 20 años de experiencia en educación primaria; actualmente en la BCENOG es docente de la práctica profesional y asesora metodológica y coordinó la Licenciatura en Educación Primaria y los Proyectos de Tutoría, Orientación y Asesoría Educativa. Su LGAC es la formación integral y la práctica profesional como articuladoras de la enseñanza y el aprendizaje de los futuros docentes. m_rocior@bcenog.edu.mx

Juan Benito Rodríguez Araiza

Nació en León, Guanajuato, México. Estudio Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico Regional de león, Maestría en Ingeniería de Sistemas Electrónicos y Computacionales, Maestría en Ingeniería Administrativa y Calidad ambas en la Universidad de la Salle Bajío, Diplomado en Investigación en la Universidad de la Salle Bajío, Diplomado en Investigación Aplicada I y II en la Universidad Franciscana de México, Diplomado de Desarrollo de Estrategias Digitales por la fundación Carlos Slim. Actualmente desarrolla la tesis del Doctorado en Educación con Tecnologías del Aprendizaje y Conocimiento en Entornos Virtuales, Certificación master en Microsoft Office Specialist y diversos cursos de tecnología educativa, ambientes virtuales de aprendizaje, programador analista, docencia, calidad educativa, asesor y tutor virtual, etcétera. Tutor docente de posgrado, docente en la MIDIE, Coordinador de la especialidad en TAC en la Práctica Educativa en la BCENOG, coordinador y docente de la maestría en desarrollo organizacional en la universidad franciscana de México, coordinador metodológico en la asesoría de trabajos de titulación en dicha universidad. Asesor de tesis en el nivel de licenciatura y posgrado. Ha participado en congresos nacionales de investigación y desarrollo tecnológico de la Dgeti como ponente y desarrolla la LGAC TAC en la educación. jb_rodrigueza@bcenog.edu.mx

Preocupados por educar en ciencia y tecnología para impulsar el desarrollo nacional desde una perspectiva social, vinculada al desarrollo sostenible y sustentable, este libro aporta saberes, análisis y reflexiones de orden teórico, así como experiencias educativas innovadoras en esta temática.

Los autores se proponen fortalecer la educación y la formación en ciencia, tecnología e innovación en el marco de la sociedad del conocimiento, desde las bases mismas del sistema educativo, iniciando desde el nivel preescolar, hasta culminar en educación superior; contrariamente a la idea más generalizada de que este tipo de educación solo debe ser profesional y semiprofesional e iniciar en el nivel de educación media superior o superior.

En consecuencia, educar en y para la sociedad del conocimiento exige articular las instituciones, programas de formación y diseños curriculares destinados a estos temas, en todos los niveles educativos.

Esta educación contribuye a la acción conjunta de los sectores gubernamental, económico y social y de los sistemas de innovación, para fortalecer el desarrollo nacional en todos los órdenes.

El libro contiene aportaciones sobre: la relación entre la sociedad del conocimiento y educación, los retos de la cuarta revolución industrial, la educación STEM, la robótica educativa, la teoría y los procesos de formación basados en la gestión y modo II de producción de conocimiento; experiencias innovadoras en preescolar y primaria en educación y ciencias y con la aplicación de TAC.